

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет електроніки  
Кафедра електронних приладів та пристроїв

**До захисту допущено**

Завідувач кафедри, проф., д.т.н.

\_\_\_\_\_ Л.Д. Писаренко

«\_\_» червня 2019 р.

**ДИПЛОМНА РОБОТА**

на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки **6.050802 – Електронні пристрої та системи**

на тему « **Електронна система слідкування за положенням об'єкта** »

**Виконав:**

Студент 3 курсу, гр. ДЕ-пб1

**Роздорожнюк Денис**  
**Михайлович**

\_\_\_\_\_

**Керівник:**

Старший викладач ЕП та П, к.т.н.

**Кобак М.М.**

\_\_\_\_\_

**Нормоконтроль:**

Доцент кафедри ЕП та П, к.т.н.

**Чадюк В.О.**

\_\_\_\_\_

**Рецензент:**

\_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій бакалаврській роботі  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ-2019

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет електроніки

Кафедра електронних приладів та пристроїв

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки (програма професійного спрямування) – 6.050802 –

Електронні пристрої та системи (Електронні прилади та пристрої)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри, проф., д.т.н.

\_\_\_\_\_ Л.Д.Писаренко

« \_\_\_\_ » червня 2019 р.

**ЗАВДАННЯ**

на дипломну роботу студенту

**Роздорожнюку Денису Михайловичу**

**1. Тема роботи «Електронна система слідування за положенням об'єкта»**

і керівник роботи Кобак Микола Миколайович, старший викладач, к.т.н.

затверджені наказом по університету від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р., № 1404-с

**2. Термін подання студентом роботи :** « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р.

**3. Вихідні дані до роботи:** Огляд принципу роботи системи машинного зору; огляд загальних недоліків та запропонування вдосконалення конструкції; економічне обґрунтування розробки проекту.

**4. Зміст роботи:** Анотація; вступ; огляд науково-технічної літератури по машинному зору, аналіз сучасних способів реєстрації об'єктів; програмна розробка системи; технічно-економічний розрахунок собівартості системи; список науково-технічної літератури.

**5. Дата видачі завдання :** \_\_\_\_\_ 2019 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

<b>№ з/п</b>	<b>Назва етапів виконання дипломної роботи</b>	<b>Термін виконання етапів роботи</b>	<b>Примітка</b>
1	Огляд літератури за темою роботи	20.03.2019	
2	Аналіз сучасних способів реєстрації руху	30.03.2019	
2	Аналіз методів обробки зображення	10.04.2019	
3	Реалізація обраних методів	20.04.2019	
5	Опис реалізації	30.04.2019	
6	Висновки	04.06.2019	

**Студент гр. ДЕп-61**

**Д.М. Роздорожнюк**

**Керівник роботи**

**М.М. Кобак**

## **Р Е Ф Е Р А Т**

**Електронна система слідування за положенням об'єкта** / Бакалаврська робота напряму підготовки **6.050802 – «Електронні пристрої та системи»** спеціалізації «Електронні прилади та пристрої». **Роздорожнюк Денис Михайлович**. НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського». Факультет електроніки, кафедра електронних приладів та пристроїв. Група ДЕп-61. – К.: НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», 2019. – 84 с., іл. 35, табл. 6.

**Ключові слова:** Комп'ютерний зір, виділення об'єктів, що рухаються, визначення напрямку руху, алгоритми моделювання роботи сітківки ока, алгоритми передбачення наступного стану системи.

**Короткий зміст роботи:** Дана дипломна робота присвячена вивченню сфер застосування машинного зору. Сформульований метод покращення роботи системи.

У вступі сформульована головна задача роботи і показана її актуальність. В аналізі літератури представлений огляд систем комп'ютерного зору вцілому, їх переваги та недоліки та способи покращення. В другому розділі приведена теоретичне підґрунтя сучасних способів реєстрації об'єктів у русі використовуючи обробку зображення. В розділі розрахунків приведені результати розрахунку власної собівартості розробки проекту.

## **АНОТАЦІЯ**

Дана дипломна робота присвячена дослідженню комп'ютерному зору в цілому, вивченню проблематики роботи системи слідкування за положенням об'єкта та впровадження методів покращення проблем.

Робота складається з таких розділів: вступ, аналіз літератури, теоретичної частини, розрахунків та заключення. У вступі сформульована головна задача роботи і показана її актуальність. В аналізі літератури представлений огляд науково-технічної інформації по методам обробки зображення, проблематика роботи та способи покращення. В теоретичній частині приведені основні методи обробки зображення та слідкування за положенням та принципи їх роботи. В розділі розрахунків приведені результати розрахунку собівартості данного проекту.

## **S U M M A R Y**

This thesis is devoted to the study of computer vision in general, to study the problems of the system of monitoring the position of the object and the introduction of methods for improving problems.

The work consists of the following sections: introduction, analysis of literature, theoretical part, calculations and conclusions. In the introduction the main task of the work is formulated and its actuality is shown. In the analysis of literature presentations review of scientific and technical information on the methods of image processing, work problems and ways to improve. In the theoretical part the main methods of image processing and follow-up on the position and principles of their work are presented. In the calculations section the results of calculating the cost of this project are presented.

# Зміст

<u>Вступ</u> .....	9
<u>1. Сучасне становище систем комп'ютерного зору</u> .....	11
<u>1.1. Історія розвитку машинного зору</u> .....	11
<u>1.2. Машинний зір в наші дні</u> .....	14
1.2.1. Стререозір.....	14
1.2.2.Застосування стереозору на основі методів OpenCV.....	15
<u>1.3. Основні завдання машинного зору</u> .....	19
1.3.1. Структура ринкового попиту.....	21
<u>1.4. Основні області застосування машинного зору</u> .....	23
<u>1.5. Принципи функціонування систем машинного зору</u> .....	24
<u>1.6. Методи обробки зображення</u> .....	25
1.6.1. Лічильник пікселів.....	26
1.6.2. Бінаризація.....	26
1.6.3. Сегментація.....	27
1.6.4. Зчитування штрих-кодів.....	28
1.6.5. Оптичне розпізнавання символів.....	28
<u>1.7. Компоненти системи</u> .....	29
<u>1.8. Приклади систем машинного зору</u> .....	31
1.8.1. Відеоспостереження.....	31
1.8.1.1.Система виявлення і супроводу рухомих об'єктів за ознакою їх руху.....	32
1.8.1.2.Система зчитування номерів автомобілів.....	34
1.8.2. Біометрія.....	35

					БР.171.061.006 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Електронна система слідкування за положенням об'єкта		
Розроб.		Роздорожнюк Д.М.					
Перевір.							
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.		Писаренко Л.Д.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						6	84
					КПІ ім. І. Сікорського		

1.8.2.1.Система виявлення та розпізнавання обличчя .....	36
1.8.2.2.Система розпізнавання жестів руки людини .....	37
1.8.3. Медичні додатки.....	39
1.8.3.1.Системи для комп'ютерного аналізу томографічних зображень.....	39
1.9. Переваги та недоліки систем машинного зору .....	41
1.10. Майбутнє машинного зору.....	44
Висновки: .....	45
2. Аналіз сучасних способів реєстрації рухомих об'єктів.....	46
2.1. Реєстрація руху за допомогою комп'ютерного зору .....	47
2.2. Основні завдання, проблеми та межі роботи .....	51
2.3. Аналіз методів обробки зображення.....	52
2.3.1.Методи виявлення рухомих об'єктів .....	53
2.3.1.1. Кореляційні методи.....	53
2.3.1.2. Методи віднімання. Загальний принцип.....	54
2.3.1.3. Метод вирахування сусідніх кадрів.....	55
2.3.1.4. Метод вирахування базового кадру.....	56
2.3.1.5. Метод низькочастотного часового фільтра рекурсивного згладжування.....	57
2.3.1.6. Моделювання роботи сітківки ока людини.....	58
2.3.1.7. Використання магноцеллюлярного каналу модуля сітківки ока.....	59
2.3.2. Ідентифікація людського силуету.....	62
2.3.2.1. Контури Кенні і Фур'є-дескриптори.....	62
2.3.2.2. Метод Віоли-Джонса.....	64
2.3.3. Стеження за переміщенням людини.....	66
2.3.3.1. Використання центру мас.....	66
2.3.3.2. Кореляційний метод.....	66

2.3.3.3. Фільтр Калмана.....	67
3. Розробка системи .....	68
<u>3.1.</u> Використовувані інструменти розробки.....	68
<u>3.2.</u> Етапи розробки системи .....	69
3.2.1. Етап виявлення зон руху .....	69
3.2.2. Етап визначення людей в зонах руху .....	70
3.2.3. Етап обчислення траєкторії руху людини.....	71
3.2.4. Етап визначення перетину віртуальної лінії об'єктом .....	71
<u>3.3.</u> Результати роботи системи .....	72
4. Економічні розрахунки.....	73
<u>4.1.</u> Концепція .....	73
<u>4.2.</u> Визначення трудомісткості розробки системи .....	74
<u>4.3.</u> Розрахунок собівартості розробки системи .....	75
<u>4.4.</u> Калькуляція за статтею «Амортизація основних засобів» .....	76
<u>4.5.</u> Висновок .....	80
Висновок: .....	81
Список використаних джерел:.....	82

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8



## ВСТУП

Основну частину інформації про зовнішній світ людина отримує по зоровому каналу і далі дуже ефективно обробляє отриману інформацію за допомогою апарату аналізу та інтерпретації візуальної інформації. Тому постає питання про можливість машинної реалізації даного процесу.

В даний час з розвитком обчислювальних систем та інформаційних технологій зростає популярність систем автоматизації і роботизації, як в промисловості і науці, так і в повсякденному житті. Як наслідок зростає потреба в ефективних методах обробки інформації, що надходить, зокрема відеоданих. Ефективна обробка і використання вхідної інформації дозволяє значно підвищити продуктивність і розширити коло застосування даних систем.

Підтвердженням вищесказаного є повсякденний розвиток і використання робототехніки, систем розпізнання текстів, охоронних систем заснованих на розпізнанні зображень, і т.д. Останнім часом все більша увага приділяється системам, що використовують машинний зір в якості основного джерела інформації. Що привело до виникнення потреби в нових алгоритмах обробки і розпізнавання зображень.

Не дивлячись на це, завдання розпізнавання образів до сих пір не вирішена в повному обсязі. Однак, в рамках істотних обмежень, є методи, що дозволяють наблизитися до її вирішення.

**Комп'ютерний зір** (машинний зір) - сукупність програмно-технічних засобів, що забезпечують зчитування в цифровій формі відеозображень, їх обробку і видачу результату в формі, придатній для його практичного застосування в реальному масштабі часу. Розрізняють монокулярний і бінокулярний машинний зір, призначених відповідно для побудови та обробки плоских і об'ємних зображень. Дослідження комп'ютерного зору є науковим напрямком в області штучного інтелекту і пов'язаних з ним технологій зчитування зображень реальних об'єктів, їх обробки і

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

використання отриманих даних для автоматизованого вирішення прикладних завдань. Початок розробок, пов'язаних з даним напрямком, відноситься до 1950-х років. Перший реальний успіх в цій області був досягнутий в Корнелській лабораторії аеронавтики в 1958-1960 роках у зв'язку з реалізацією на ЕОМ IBM-740 апаратного варіанту системи розпізнавання найпростіших зорових образів - Mark I Perceptron (автор розробки – Френк Розенблатт).

На поточний момент досить багато різних підходів до реалізації систем комп'ютерного зору, починаючи від різних варіацій на тему порівняння отриманого зображення з шаблонним, до побудови по зображеннях складних тривимірних моделей.

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1. Сучасне становище систем комп'ютерного зору

## 1.1. Історія розвитку машинного зору

Комп'ютерне бачення було створено наприкінці 1960-х років як самостійна дисципліна. Ця тенденція виникла в контексті штучного інтелекту в той час, коли ще було багато дискусій про можливість створення мислячої машини. Вона характеризувалася роботою з розпізнавання образів [1].

У історії розвитку комп'ютерного зору можна виділити наступні кроки:

1955 - Олівер Selfridge, професор Массачусетського технологічного інституту (MIT), публікує статтю під назвою "Очі і вуха для комп'ютера". У ній автор поставив теоретичну ідею обладнати комп'ютер звуковими і розпізнавальними пристроями.

1958 - Психолог Френк Розенблат з Корнельського університету створив комп'ютерну реалізацію персептрона (сприйняття - сприйняття) - моделювання схеми виявлення пристрою людським мозком. Персептрона вперше змодельовано в 1958 році і вимагає близько півгодини комп'ютерного часу на комп'ютері IBM 704 для навчання. Версія обладнання - Mark I Perceptron - була побудована в 1960 році і була розроблена для розпізнавання візуальних зображень [2].

Проте ймовірно, що розгляд проблем комп'ютерного зору виявився рожевим, тому що ні технологія, ні програмне забезпечення не змогли вирішити такі складні проблеми.

У 1960 році, коли перші програмні системи обробки зображень (головним чином, усунення перешкод з фотографій, зроблених з літаків і супутників), стали розвиватися прикладні дослідження в області

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розпізнавання друкованих символів. Проте в розвитку цієї галузі науки ще існують обмеження, такі як відсутність дешевих оптичних систем введення даних, обмеження та досить вузька спеціалізація комп'ютерних систем. Швидкий розвиток систем комп'ютерного зору в 1960-х роках можна пояснити зростаючим використанням комп'ютерів і очевидною потребою в більш швидкому і ефективному спілкуванні людини з комп'ютерами. На початку 1960-х років комп'ютерне бачення стосувалося в основному космічних досліджень, що вимагало обробки великої кількості цифрової інформації.

1970-ті - Лоуренс Робертс, аспірант МІТ, представив концепцію машинного конструювання тривимірних зображень об'єктів на основі аналізу їх двовимірних зображень. У цей час почався більш детальний аналіз даних. Початок розробки різних підходів до розпізнавання об'єктів на зображенні, таких як структура, символи і текстура.

1979 - професор Ганс-Гельмут Нагель з Гамбурзького університету поклав початок теорії динамічного аналізу сцени, яка дозволяє розпізнавати рухомі об'єкти в потоці.

Наприкінці 1980-х років були розроблені роботи, які могли оцінювати навколишній світ більш-менш задовільно і виконувати власні дії в їх природному середовищі.

Вісімдесяті та дев'яностий характеризувалися появою нового покоління датчиків для двовимірних цифрових інформаційних полів різної фізичної природи. Розробка нових вимірювальних систем і методів для придбання двовимірних цифрових інформаційних полів в реальному часі дозволила отримати зображення, стійкі до часу, згенеровані даними датчиками для

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

аналізу. Удосконалюючи технологію виробництва цих датчиків, витрати значно скоротилися, а сфера застосування значно зросла.

З початку 1990-х років, алгоритмічно, послідовність операцій обробки зображень зазвичай розглядалася відповідно до так званої модульної парадигми. Дана парадигма Д.Марра запропонувала на основі тривалого дослідження механізмів візуального сприйняття людини, стверджуючи, що обробка зображень повинна базуватися на декількох послідовних етапах інформаційної стійки від «знакових» зображень об'єктів (растрові неструктуровані відомості) - їх символічне представлення (векторне зображення) та атрибутивні дані у структурованому вигляді, реляційні структури тощо) [3].

Перші комерційні навігаційні системи з'явилися в середині 90-х років. Ефективні засоби комп'ютерного аналізу рухів були розроблені наприкінці XX століття.

У 2003 році були запуснені перші достатньо надійні системи розпізнавання осіб для підприємств.

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.2. Машинний зір в наші дні

В даний час існує чітка лінія між так званим монокулярним і бінокулярним комп'ютерним зором. Перші напрямки включають дослідження та розробку Computer Vision з точки зору інформації, що надходить з однієї камери або з кожної камери окремо. Друга область - це НДДКР, яка стосується інформації, що надходить від двох або більше камер одночасно. У таких системах для вимірювання глибини спостереження використовують кілька камер. Ці системи називаються стереосистемами.

На сьогоднішній день теорія комп'ютерного зору як самостійний розділ кібернетики повністю розроблена на основі наукових і практичних знань. Щорічно публікуються сотні книг і монографій з даної теми, проводяться десятки конференцій і симпозіумів, виробляються різноманітні програмно-апаратні і програмні продукти. Існує ряд наукових і громадських організацій, які підтримують і висвітлюють дослідження в галузі сучасних технологій, включаючи технології комп'ютерного зору.

### 1.2.1. Стереозір

**Стереозір** - просторове (тривимірне) бачення, в якому тривимірне візуальне зображення спостережуваного створюється шляхом обробки зображення об'єкта з різних сторін в об'єктному просторі [4]. У 2001 році дослідники Intel оголосили про випуск програм з вихідним кодом для реалізації стереоскопічного комп'ютерного зору, які включені в бібліотеку Open Source Computer Vision (OpenCV). Бібліотека, написана на мовах високого рівня C і C ++, є інструментарієм з більш ніж 500 функціями обробки та аналізу зображень для створення додатків комп'ютерного зору, включаючи інструменти для взаємодії людини з комп'ютером. Особливості бібліотечної версії 2.1 дозволяють використовувати дві цифрові відеокамери для отримання не тільки зображень, але і даних про глибину об'єктів. Таким чином, програми можуть бути створені для таких завдань, як розпізнавання жестів, відстеження об'єктів і розпізнавання облич [5].

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 1.2.2. Застосування стереозору на основі методів OpenCV

Для отримання даних про глибину об'єкта в сцені з використанням зображень, отриманих при обробці відеопотоку з двох камер, повинен бути реалізований алгоритм, що включає в себе наступні етапи:

Крок 1. Калібруйте камери або виправте наслідки їх спотворення (рис. 1.2.1.) [6]. Для калібрування методом OpenCV використовувалися ChessBoards (шахівниця). Принцип методу полягає у використанні літер з чорно-білими квадратами в якості об'єкта калібрування. Перевага методу полягає в тому, що не віддається пріоритет горизонтальній або вертикальній осі.

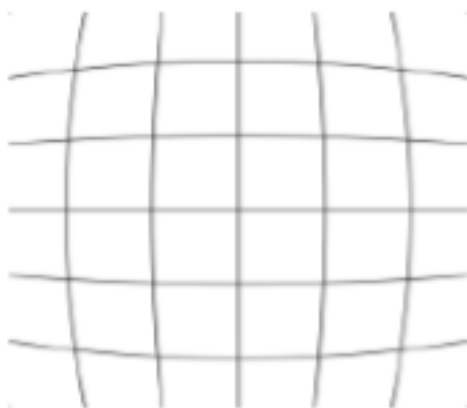


Рис. 1.2.1.: Приклад ефекту спотворення

Функція OpenCV використовується у `cvFindChessboardCorners` (`const void * image`, `CvSize pattern_size`, `CvPoint2D32f * кут`), де зображення є зображенням, що містить шахівницю. `pattern_size` - Вказує кількість кутів у кожному рядку та стовпці панелі. Кути - Показчик на масив, в який можна записати розташування кутів. Якщо функція виявила всі вершини успішно, повертається значення - кількість кутів шахової дошки, інакше - 0 [7]. Результатом цього кроку є відсутність помилок у зображеннях, що виходять з камер. Далі два зображення зберігаються в окремих змінних структури `IplImage`.

Крок 2. Виправте зображення. Отримані змінні зображення ImageA ImageB можуть містити загальну точку сцени, яка знаходиться на перетині променів RayA і RayB (рис. 1.2.2.) [8]. В ідеалі промені повинні перетинатися в координатах 3D точки. Однак, внаслідок помилок у визначенні координат камер і координат точок в зображеннях ImageA і ImageB, вони можуть знаходитися в центрі сегмента переходу променя (центру на відрізку). Завдання кроку 2 - мінімізувати цей сегмент (найкоротший сегмент, що з'єднує пучки). Також на цій стадії зображення орієнтоване таким чином, що всі полярні лінії паралельні сторонам зображення (зазвичай горизонтальні) [9].

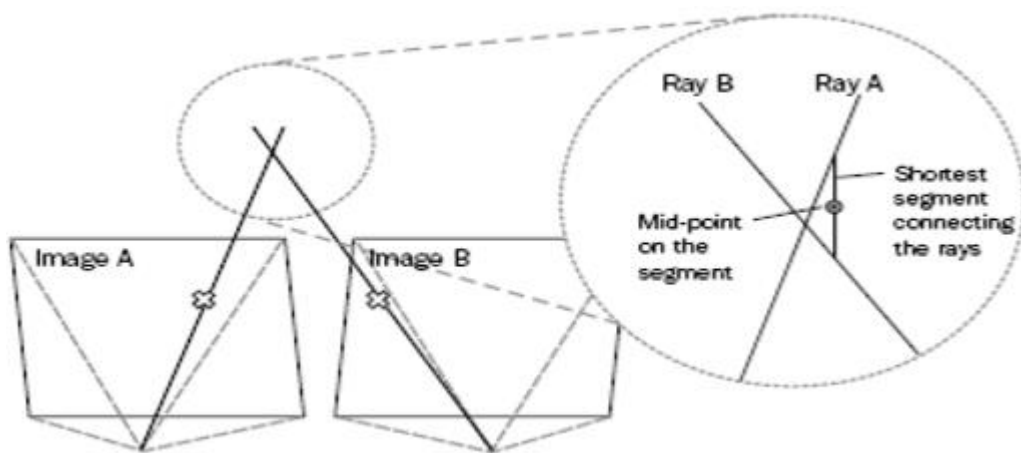


Рис. 1.2.2. Відображення 3D точки на зображеннях двох камер

Крок 3. Отримати карту глибини і карту зсуву. Карта глибини - це зображення, в якому відстань до камери зберігається для кожного пікселя замість кольору. Карта глибини заснована на парі стереозображень. Для кожної точки на знімку шукається точка пари на іншому зображенні. Краще шукати точку пари на е-полярній лінії, тоді відповідна точка пари стоїть на одній лінії на зображенні другої камери. Для кожного пікселя лівого зображення з координатами  $(x_0, y_0)$  шукається піксель у правому зображенні. Передбачається, що піксель у правому зображенні повинен мати координати  $(x_0 - d, y_0)$ , де  $d$  - невідповідність / невідповідність. Невідповідність



встановлює кількість точок, сегментованих площинами. Літаки знаходяться на різних відстанях від камер (камер). Пошук відповідного пікселя виконується шляхом обчислення максимуму функції відповіді, яка може бути, наприклад, кореляцією сусідів точок. Результатом є карта невідповідності [10].

Крок 4. Використовуючи пару відповідних точок на кроці 3, можна визначити координати зображення в тривимірному просторі. Для цього використовуємо функцію `cvReprojectImageTo3D` (`const CvArr *` невідповідність, `CvArr * _3dImage`, `const`, `CvMat * Q`), де невідповідність є картою відмінностей; `_3dImage` - масив, що містить тривимірне зображення; `Q` - Матриця відновлення, отримана після калібрування матриці і містить параметри:

$$Q = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -sx \\ 0 & 1 & 0 & -sy \\ 0 & 0 & 0 & f \\ 0 & 0 & -1/T & (sx - sx')/T \end{bmatrix}$$

де  $T$  - відстань між камерами по осі  $X$  (передбачається, що  $Y$ -координати рівні),  $f$  - фокусна відстань;  $sx, sy$  - координати точки на головних променях лівої камери;  $sx'$  -  $x$  координата на правому зображенні лівої точки (це пояснює, як пов'язана відстань між камерами та числом точок).

Ці параметри схематично показані на рис. 4. 1.2.3. Виявлений об'єкт позначається  $P$  ( $p_l, p_r$  - площа лівого і правого зображень), відстань  $Z$ .  $O_l$  і  $O_r$  - центри проекції для кожної камери з основними променями. Кожен промінь перетинає площину зображення в точці  $(sx, sy)$ . Знаючи тривимірні координати зображення, глибину обчислюють як відстань до площини камери.

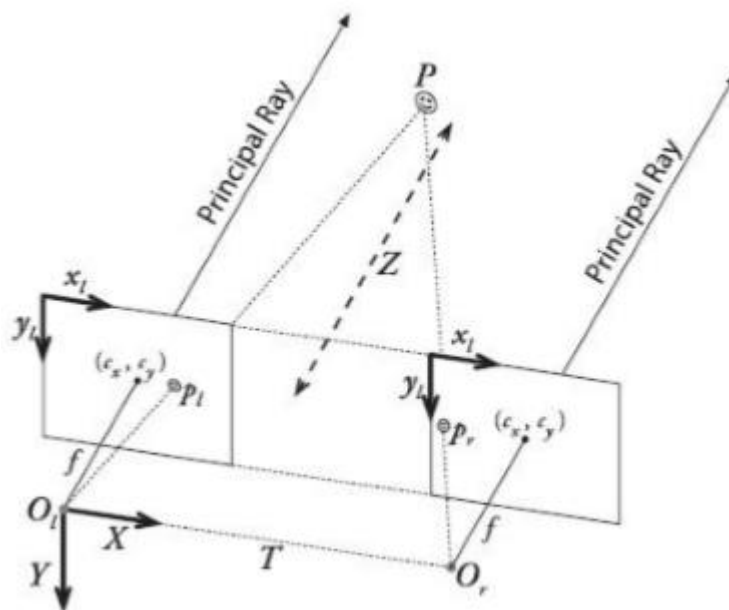


Рис. 1.2.3. Стерео Координатна система

В ході вивчення використання методів стереоогляду з використанням бібліотеки OpenCV був реалізований алгоритм для отримання даних про глибину об'єкта в сцені з використанням зображень, отриманих при обробці відеопотоку з двох камер.

В результаті інформаційна підсистема формує кінцеве зображення, на якому контур обводиться об'єктом. Контур являє собою відстань камери від об'єкта в см. За результатами тестування було виявлено, що підсистема дуже чутлива до відображених об'єктів. Вони повинні бути на відміну від фону і не більше 1 м від камери.

### 1.3. Основні завдання машинного зору

Коли ми дивимося на обличчя людей навколо нас, об'єкти, природу, ми не усвідомлюємо, скільки роботи робить наш мозок, щоб обробити весь потік візуальної інформації. Нам не складе труднощів знайти людину, яку ми знаємо на фотографії, або відрізнити будівлю від пам'ятника. Здається, що наші комп'ютери чудово зберігають величезну кількість інформації, зображень, відео та аудіо файлів. Що зупиняє її від пошуку фотографій нашого коханого з особистої фотогалереї з однаковою легкістю? Це ускладнюється рядом питань:

1) шкала. Малюнки мають інший масштаб. Об'єкти, які ми сприймаємо як рівні, насправді займають іншу область у різних зображеннях.

2) місце. Що цікавить нас об'єкт може бути в різних частинах картини.

3) Передумови та перешкоди. Мотив, який ми сприймаємо як щось окреме, не виділяється на зображенні і розміщується на тлі інших об'єктів. Крім того, зображення не є досконалим і може бути піддане всім видам спотворень і перешкод.

4) Проекція, поворот і кут огляду. Картина є просто двовимірною проекцією нашого тривимірного світу. Тому обертання об'єкта і зміна кута огляду радикально впливають на його двовимірну проекцію - зображення. Один і той же об'єкт може дати зовсім іншу картину в залежності від обертання або відстані.

В цілому, завдання машинного бачення - це цифрове зображення, обробка зображення отримує на зображенні і математичний аналіз даних для завдання виділення важливої інформації. Однак, за допомогою Machine Vision можна вирішити багато проблем, які можна розділити на чотири групи: [11]

#### • Виявлення положення

Мета машинного зору в конкретному застосуванні - просторове розташування визначення (положення об'єкта відносно зовнішньої системи

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

координат) або статична позиція об'єкта (в якому положення об'єкта по системі координат з походженням в об'єкті). і передача інформації про стан і орієнтацію об'єкта в системі управління або контролера.

Прикладом такого застосування є навантажувально-розвантажувальний робот, який стоїть перед завданням переміщення об'єктів різної форми з бункера. Наприклад, інтелектуальна задача обробки зображень полягає у визначенні оптимальної базисної системи координат і її центральної точки для локалізації центру ваги частини. Отримана інформація дозволяє правильно захопити частину і поставити її в потрібне місце.

#### • Вимірювання

У додатках такого типу основним завданням відеокамери є вимірювання різних фізичних параметрів об'єкта.

Прикладом фізичних параметрів є лінійний розмір, діаметр, кривизна, площа, висота і кількість. Прикладом цього завдання є вимірювання різних діаметрів шийки скляної пляшки.

#### • Інспекція

У додатках з перевіркою, мета машинного зору - доводить певні характеристики, такі як наявність або відсутність етикетки на пляшкових гвинтах за понеділок, цукерки в коробці або присутні різні дефекти.

#### • ідентифікація

Проблема ідентифікації основного призначення відеокамери -. Прочитайте різні коди (штрих-код, 2D-код і т.д.) щодо засобів їх виявлення або керування системою камери, а також визначення різних алфавітно-цифрових позначень. Крім того, завдання цієї групи включають системи, які виконують завдання безпеки, такі як: В. Ідентифікація особи і технологія, а також детекторів руху.

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виходячи з завдань, які вирішує обробка зображень, можна виділити багато додатків обробки зображень. Варто відзначити, однак, що нинішня структура попиту досі визначалася обмеженими можливостями сучасних систем комп'ютерного зору.

### 1.3.1. Структура ринкового попиту



50% всіх систем обробки зображень експлуатуються в контролі якості, тобто вирішують інспекційні завдання обробки зображень. Це, перш за все, візуальний огляд процесу складання, колір і якість поверхні виробу, зовнішній вигляд і чистота упаковки, правильність і читаність етикеток, рівень рідини в різних контейнерах тощо. Виконання завдань тривимірних систем обробки зображень. Окремою областю застосування систем обробки зображень у виробництві є виконання всіх видів візуальних вимірювань

параметрів технологічних процесів і, зокрема, визначення розмірів об'єктів, тобто вирішення задач вимірювання.

20% попиту пояснюється системами обробки зображень для проектів промислової автоматизації та впровадженням промислових роботів. Такі системи обробки зображень спрощують широкий спектр високоточних робіт (монтаж і розбирання, упаковка, фарбування, зварювання, утилізація), полегшують транспортування товарів, використовуються в білінгових системах, ідентифікують, записують і сортують продукти. Крім того, завдання інспекції та завдання розміщення для належної роботи.

17% всіх продажів систем комп'ютерного зору добре відомі, а системи OCR / OCV для друку символів і штрих-кодів добре відомі. Рішення проблеми ідентифікації.

Ринок систем обробки зображень для роботів, що не виробляються (розважальна, побутова, дослідницька) становить 13% [12].

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

#### 1.4. Основні області застосування машинного зору

Невеликий відсоток ринку включає системи віртуальної реальності, які пропонують якісно новий інтерфейс людина-комп'ютер, заснований на розпізнаванні облич і жестів, систем, що забезпечують продуктивність безпеки, семантичний аналіз мультимедійних даних тощо.

Системи машинного зору і робототехніка також користуються попитом. Фахівці вважають, що технологія комп'ютерного зору є найпростішим способом навчити автономні пристрої в природному світі.

Значний попит спостерігається у сільськогосподарських організаціях, де потрібна автоматизація візуального огляду та сортування продукції. Однак поки що системи комп'ютерного зору в цій галузі показали незадовільні результати.

Зростає інтерес до систем обробки зображень в нанотехнологічних компаніях, біотехнологічних компаніях і в медицині (автоматичний медичний аналіз зображень - рентген, томографія, ультразвук).

Необхідна також обробка зображень в області систем безпеки (ідентифікація особи, детекторів руху, розпізнавання і відстеження рухомих об'єктів, ідентифікація номерних знаків тощо).

Системи обробки зображень необхідні в області контролю якості та інспекції харчових продуктів (в даний час якість печива на кондитерській лінії оцінюється в розмірі 60 тортів в секунду), а також у сфері візуального контролю та адміністрування (облік, читання штрих-кодів).

Machine Vision використовується в системах розпізнавання рукописного тексту та розпізнавання тексту [12].

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

### 1.5. Принципи функціонування систем машинного зору

Зображення, зроблене камерою, потрапляє в рамку зображення або пам'ять комп'ютера. Кадр - це пристрій, який перетворює вихідні дані з камери в цифровий формат (зазвичай це двовимірний масив чисел) і зберігає зображення в пам'яті комп'ютера, щоб вони могли бути оброблені за допомогою програмного забезпечення Computer Vision.

Програмне забезпечення зазвичай обробляє зображення в кілька етапів. Часто зображення обробляється спочатку для зменшення шуму або перетворення багатьох рівнів сірого у просте поєднання чорного та білого (бінаризація). Після першої обробки програма читає, вимірює та / або визначає об'єкти, розміри, помилки та інші особливості зображення. На останньому етапі програма пропускає або відхиляє частину відповідно до заданих умов. Якщо частина має дефект, програмне забезпечення інструктує механічний пристрій відхилити частину. В іншому сценарії система може зупинити виробничу лінію і попередити працівника для вирішення цієї проблеми. Це призвело до невдачі. Хоча більшість систем комп'ютерного зору спираються на чорно-білі камери, використання кольорових камер стає все більш поширеним явищем. Крім того, системи зору все частіше використовують цифрові камери з прямим доступом, а не камери з окремими зображеннями з високою роздільною здатністю, що знижує витрати і спрощує систему.

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24



## 1.6. Методи обробки зображення

У системах обробки зображень для вирішення перелічених проблем використовуються різні технології та методи. Нижче наведено основні способи обробки зображень:

- Number of Pixels (Кількість пікселів): підраховує кількість яскравих або темних точок і малює необхідний вихід зображення на основі результату.
- Вибір споріднених областей: Суміжна область зображення з одного боку є типом, який все ще дуже тісно пов'язаний з растровим зображенням, і в той же час вже є своєрідною самостійною семантичною одиницею, що дозволяє в подальшому геометрично, логічно, топологічно та інші з'єднання.
- Бінаризація: перетворює зображення у відтінки сірого в бінарних кольорах (білі та чорні пікселі).
- Обробка гістограми та гістограми: Гістограма показує частоту зустрічальності у зображенні з пікселями однакової яскравості.
- Сегментація: пошук і / або підрахунок частин. Сегментація зображення - це поділ зображення на регіони, які відрізняються певним атрибутом. Передбачається, що області відповідають дійсним об'єктам або їх частинам, а межі ділянок відповідають кордонам об'єктів.
- Читання штрих-коду: Декодувати 1D і 2D коди, призначені для читання чи сканування.
- Оптичне розпізнавання символів: автоматичне читання текстів, таких як серійні номери.
- Відповідність зразків: пошук, відповідність і / або підрахунок конкретних моделей.

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Інваріантні алгоритми для порівняння точкових особливостей на зображеннях: виявлення та порівняння особливостей точок на зображеннях.
- Методи ідентифікації особи за допомогою діафрагми
- Різні способи відновлення форми об'єкта з зображень.

У більшості випадків системи комп'ютерного зору використовують послідовну комбінацію цих методів обробки для виконання повного огляду. Наприклад, система зчитування штрих-коду може також перевіряти поверхню на подряпини або пошкодження і вимірювати довжину і ширину деталей, що обробляються.

### 1.6.1. Лічильник пікселів

Підрахунок кількості світлих або темних пікселів Лічильник пікселів дозволяє користувачеві вибрати прямокутну область на екрані в ділянці, де він може очікувати, наприклад, обличчя перехожих. У відповідь камера негайно повідомляє про кількість пікселів, представлених сторінками безпосереднього мандрівника. Pixelmate дозволяє швидко визначити, чи відповідає камера вимогам законодавства або вимогам клієнта до роздільної здатності пікселів, наприклад, обличчя людей, які входять у двері, керовані камерою, або входять з розпізнаванням номерного знака.

### 1.6.2. Бінаризація

Перетворює зображення у відтінках сірого у двійкові зображення (білі та чорні пікселі).

Значення кожного пікселя умовно кодується як "0" і "1". Значення "0" зазвичай називають фоном або фоном, а "1" - переднім планом.

Часто при зберіганні цифрових бінарних зображень використовується растрове зображення, в якому інформаційний біт використовується для представлення пікселя.

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Крім того, особливо на ранніх етапах технологічного розвитку, два можливих кольори чорного і білого не були суттєвими.

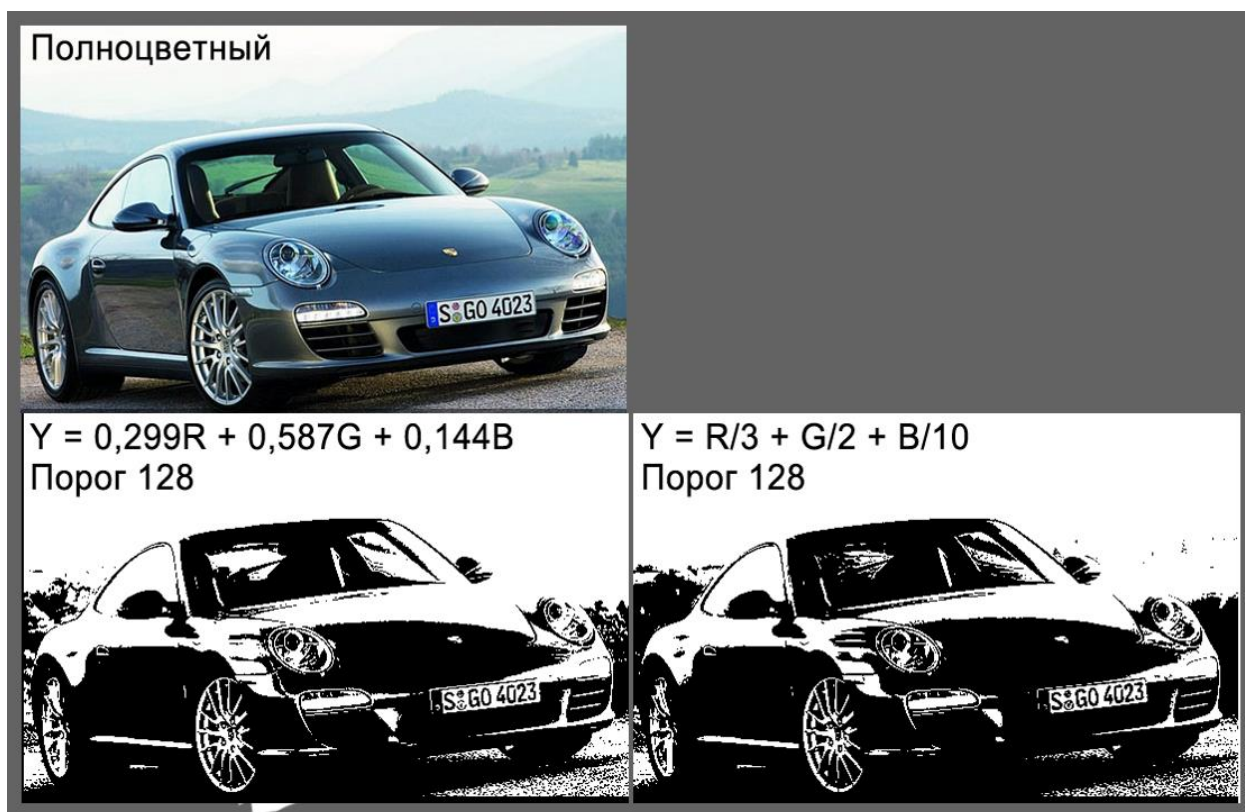


Рис.1.6.1. Бінаризація зображення

### 1.6.3. Сегментація

Використовується для пошуку або підрахунку частин.

Метою сегментації є спрощення або зміна зовнішнього вигляду зображення з метою спрощення аналізу.

Сегментація зображення зазвичай використовується для вибору об'єктів і меж (ліній, кривих тощо) у зображеннях. Більш конкретно, сегментація зображень є процесом призначення таких міток до кожного пікселя зображення, при цьому пікселі, що мають однакові назви, мають загальні візуальні характеристики.

Результатом сегментації зображення є серія сегментів, які разом охоплюють все зображення, або ряд контурів, які відокремлені від зображення. Всі пікселі в сегменті подібні за певними ознаками або розрахованими

властивостями, наприклад, У кольорі, яскравості або текстурі. Сусідні сегменти істотно відрізняються за цим властивістю.

#### **1.6.4. Зчитування штрих-кодів**

Штрих-код - графічна інформація, що наноситься на поверхню, маркування або упаковка продуктів дає можливість читати їх технічними засобами - серією чорно-білих смуг або інших геометричних фігур.

У процесі обробки зображень штрих-коди використовуються для декодування 1D і 2D-кодів для читання або сканування машинами.

#### **1.6.5. Оптичне розпізнавання символів**

Оптичне розпізнавання символів: автоматичне читання текстів, таких як серійні номери.

Розпізнавання використовується для конвертації книг і документів в електронну форму, для автоматизації корпоративних систем обліку або для публікації тексту на веб-сторінці.

За допомогою оптичного розпізнавання тексту можна редагувати текст, шукати слова або фрази, зберігати їх у більш компактній формі, переглядати або друкувати матеріали без втрати якості, аналізувати інформацію, а також виконувати електронні переклади, форматування або перетворення на мову.

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.7. Компоненти системи

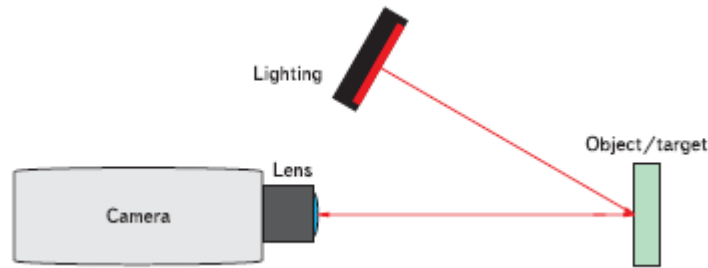


Рис.1.7.1. Склад типової системи машинного зору

Типова система обробки зображень складається з однієї або декількох цифрових або аналогових камер (чорно-білих або кольорових) з відповідною оптикою для формування зображення, освітлення і об'єкта (мал. 5), пристроїв вводу / виводу або каналів зв'язку для повідомлення про отримані результати. Крім того, важливим є також програмний компонент систем комп'ютерного зору, а саме програмне забезпечення для обробки зображень (у випадку аналогових камер - це цифровий зображення), специфічні програмні додатки для обробки зображень і ідентифікації відповідних властивостей.

Матриця чутливих елементів, що складають відеокамеру і призначені для отримання цифрового зображення. Матриця зонда містить безліч аналого-цифрових перетворювачів, які перетворюють інформацію про інтенсивність світла в цифрове значення.

Об'єктив дозволяє камері зосередитися на певній відстані і отримати чітке зображення об'єкта. Якщо об'єкт перебуває поза фокусом, зображення знаходиться поза фокусом (поза фокусом з розмитими краями), що перешкоджає обробці відеопослідовності. На відміну від традиційних цифрових камер з лінзами, які підтримують автофокусування, обробка зображень використовує оптичну оптичну фіксацію фіксованої фокусної відстані або фокусування. Існують різні типи лінз для різноманітних завдань (стандарт, телескоп, з широким кутом огляду, збільшення і т.д.). Вибір

правильного вигляду є важливим кроком у розробці системи комп'ютерного зору.

Освітлення є ще одним важливим елементом обробки зображень. Використовуючи різні типи освітлення, діапазон завдань обробки зображень може бути розширений. Є кілька типів підсвічування, але найпопулярнішим є LED - завдяки своїй високій яскравості. У той же час, сучасний стан розробки світлодіодних технологій забезпечує тривалий термін служби приладу і низьке енергоспоживання.

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.8. Приклади систем машинного зору

- Відеоспостереження
- Біометрія
- Медичні додатки

### 1.8.1. Відеоспостереження

Автоматичні та автоматизовані системи відеоспостереження є одним з ключових компонентів сучасних інтегрованих систем безпеки. Завдання відеоспостереження щодо візуального контролю певної ділянки простору за допомогою однієї або декількох камер дозволяє зберігати і відображати цифрові відеодані і постійно оцінювати стан контрольованої області, виділяючи так звані події безпеки.

Нагляд за безпекою сьогодні має дві основні сфери розвитку: повний перехід до цифрових систем відеоспостереження та розвиток можливостей відеоаналітики. Цифрове відеоспостереження (IP) дозволяє відмовитися від аналогових камер і засобів передачі даних. Відеоаналіз представляє еволюцію можливостей систем відеоспостереження, які можуть зменшити обсяг записаних даних.

Сучасна система відеоспостереження включає значну кількість різних технологій комп'ютерного зору. Технологія інтелектуального відеоспостереження повинна включати наступні основні елементи, а також модулі програмного забезпечення та алгоритмів:

- Візуальні датчики різного типу для віддаленого відеоспостереження.
- Засоби для збору, стиснення, обробки та передачі цифрової відеоінформації в реальному часі через локальні та глобальні мережі.
- автоматичний вибір об'єктів, що представляють інтерес (люди, транспортні засоби, інші об'єкти).

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- автоматичне відстеження рухомих об'єктів у зоні спостереження.
- біометричне розпізнавання персоналу, біометричний контроль доступу до критичних областей спостережуваного об'єкта.
- Автоматична ідентифікація транспортних засобів, товарів та обладнання за допомогою ідентифікаційних знаків (реєстраційні номери, штрих-коди, інші технологічні характеристики).
- Методи оцінки поведінкових сценаріїв спостережуваних об'єктів і об'єктних груп.
- генерувати сповіщення оператору у випадку несприятливих або нестандартних сценаріїв подій зони відеоспостереження.
- Програмне та апаратне забезпечення для впровадження методів та алгоритмів для захоплення та обробки відеоінформації.

Розглянемо кілька прикладів створення систем відеоспостереження та їх елементів.

#### **1.8.1.1. Система виявлення і супроводу рухомих об'єктів за ознакою їх руху**

Технологія виявлення руху в полі зору камери або виявлення руху була однією з перших комерційних технологій на ринку споживчих веб-камер [13]. Функціональний принцип технології дуже простий, оскільки передбачається, що камера нерухома і, таким чином, ще й у фоновому режимі. Тільки об'єкти рухаються. Існують деякі технології, які дозволяють бачити рухомі об'єкти на рухомому фоні.

Система, розроблена в ІІТ (Інститут інформаційних технологій), використовується для автоматичного вибору та підтримки невеликих об'єктів на основі їх руху на знімках, зроблених за допомогою мобільної камери.

Система, заснована на персональному комп'ютері, дозволяє здійснювати запис відеокамери, а також візуалізацію та обробку цифрових зображень рухомих сцен у реальному часі. Система оцінює і компенсує

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32



загальне зміщення зображення сцени, яке виникає внаслідок власного відносного руху рецептора зображення, а також виділення рухомих малих об'єктів на основі їх руху і одночасно відстеження руху декількох виявлених об'єктів. На фіг.6 показано: зліва кадр відеопослідовності з обраними рухомими об'єктами; справа - фаза виділення рухомих об'єктів.

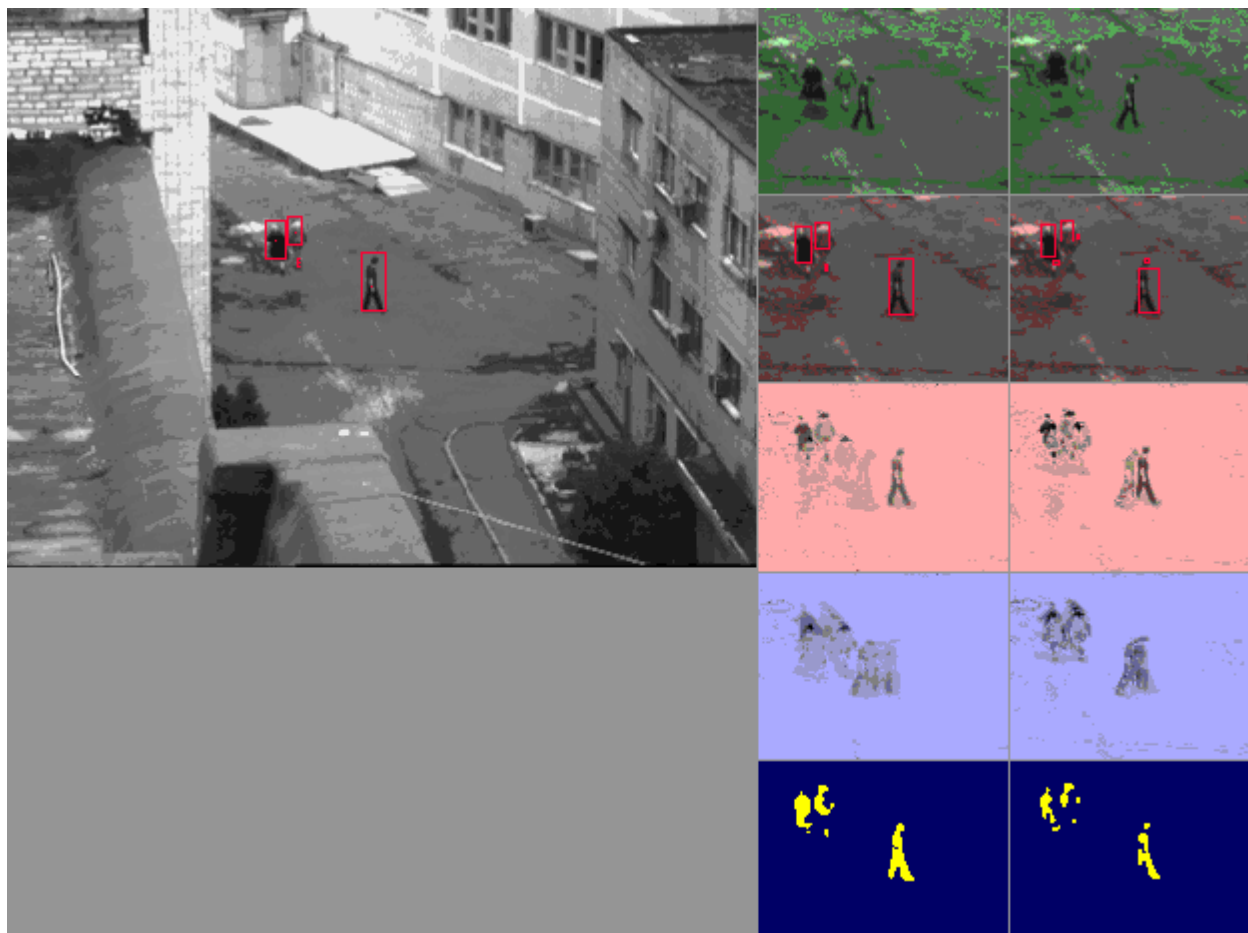


Рис.1.8.1. Виділення рухомих об'єктів сцени спостереження

Системи для виявлення і відстеження рухомих об'єктів можуть мати різні функції, такі як:

- виявлення нових об'єктів місця спостереження;
- ідентифікація відсутніх об'єктів місця спостереження;
- реєстрація нової сцени спостереження;
- Контроль відсутності зрушень камери на сцені спостереження.

### **1.8.1.2. Система зчитування реєстраційних номерів автомобілів**

Однією з функцій систем відеоспостереження є зчитування ідентифікаторів об'єктів, особливо кількості транспортних засобів, що перетинають зону спостереження.

Однією з типових програм такого роду є розроблена ІТ система ідентифікації та розпізнавання номерних знаків на шосе. Система читання номерних знаків базується на системі відеоспостереження ITV Intellect і реалізована на декількох зарубіжних автомагістралях [3].

Функції системи:

- оформлення зовнішнього вигляду автомобіля (підрахунок автомобілів)
- Розподіл номерного знака;
- розпізнавання номерних знаків;
- Зберегти виявлений номер у базі даних.

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.8.2 Біометрія

Останніми роками в усьому світі зростає інтерес до методів визнання та ідентифікації особи. Основними шляхами вирішення цих проблем є розробка біометричних систем. Біометричні системи використовують набір біометричних ознак, заснованих на біологічних характеристиках організму людини для ідентифікації людини. Такими біометричними ознаками можуть бути мова, почерк, відбитки пальців, геометрія рук, сітківка або ірис, обличчя і ДНК.

Біометричний захист є більш ефективним, ніж методи, такі як паролі, PIN-коди та смарт-карти, оскільки біометричні дані можуть ідентифікувати лише одну особу, а не пристрій. Традиційні методи захисту не виключають втрати або крадіжки інформації, роблячи її доступною для нелегальних користувачів. Унікальний біометричний ідентифікатор, такий як відбиток пальця або зображення обличчя, служить ключем, який не можна втратити.

Біометрична система безпеки усуває або покращує захист від прання. Однією з основних причин, що значно підвищили важливість автоматичної обробки та аналізу біометричної інформації, було збільшення вимог до функціональних можливостей автоматичних систем безпеки в громадських місцях (вокзали, супермаркети та ін.).

Розглянемо кілька прикладів біометричних додатків на практиці.

### 1.8.2.1 Система виявлення і розпізнавання обличчя

ІТ розробила технологію розпізнавання та розпізнавання облич із двовимірною зображення, що включає три основних модуля:

- виявлення (виявлення) осіб;
- Індексція (кодування та подальший швидкий пошук осіб у базі даних)

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Ідентифікація осіб.

Модулі застосовуються один за одним. Зображення облич, вибраних в поточному зображенні, вводяться в систему індексування, яка вказує у відповідь на фіксовану кількість "кандидатів" з бази даних зображень осіб, найбільш близьких до поточного зображення. Після цього процес ідентифікації обробляє зображення облич знайдених кандидатів з метою їх точного розпізнавання. За допомогою такого підходу можна використовувати "живий" відеопотік, щоб виконати повноцінну роботу з ізоляції та виявлення великомасштабних облич із баз даних зображень в режимі, що практично в режимі реального часу.

На малюнку 1.8.2. Показані компоненти технології розпізнавання та розпізнавання облич, описані вище.

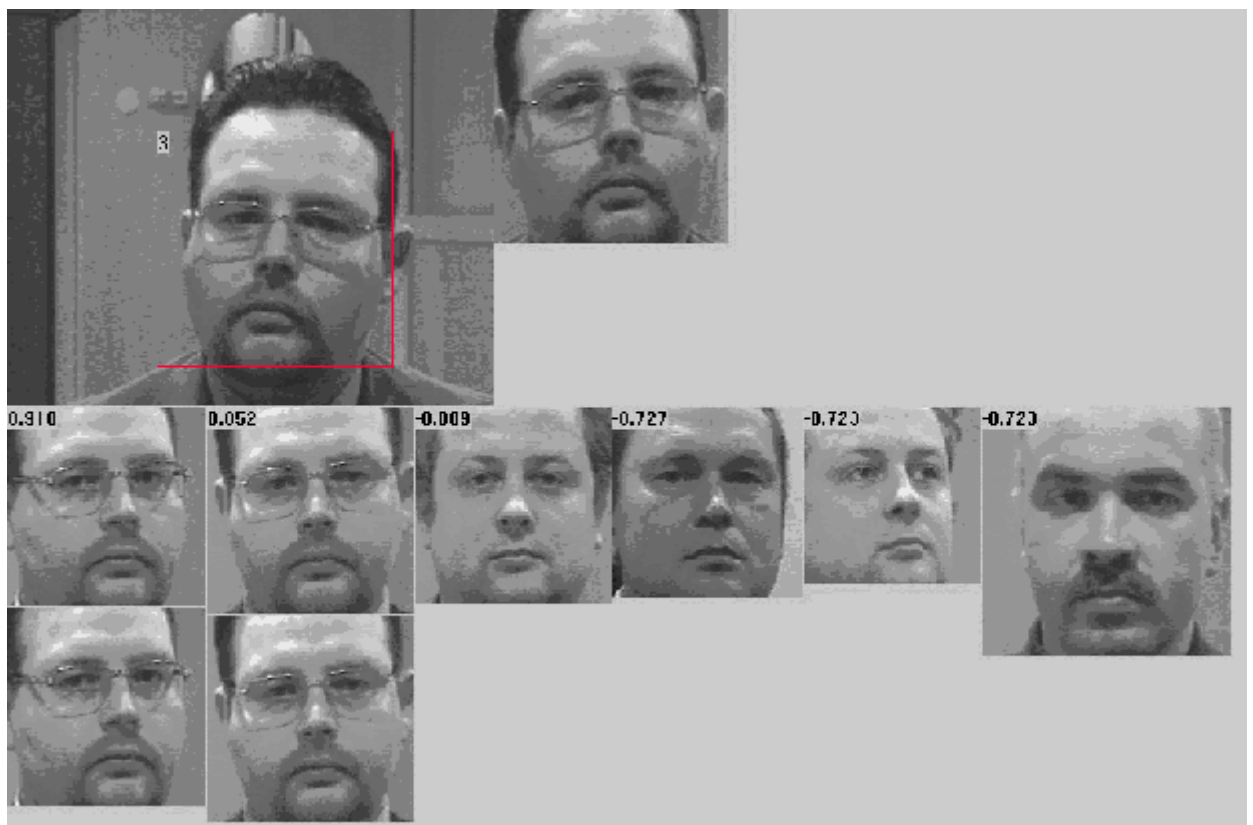


Рис. 1.8.2. Система виявлення і розпізнавання осіб

Відображається: поточне відео (ліворуч), результат вибору обличчя (вгорі праворуч), результат пошуку в індексованій базі зображень обличчя (знайдено другий рядок зображень - "кандидати", з яких можливо помилкове), результат остаточної ідентифікації особи ( третій ряд зображень - показані тільки "кандидати", які були успішно ідентифіковані).

#### 1.8.2.2. Система розпізнавання жестів руки людини

Розпізнавання жестів є широким полем застосування комп'ютерного зору. Під "жестами" мається на увазі в більш широкому сенсі кожен рух людського тіла. У більш вузькому сенсі, як правило, маються на увазі деякі характерні рухи людських рук, які мають певне смислове значення в певній предметній області. Розпізнавання жестів може бути використано для створення всіх типів людських інтерфейсів машини, для управління різними технічними засобами і системами віртуальної реальності.

Як простий приклад, ми можемо подивитися на систему розпізнавання рук людини, використовуючи зображення з чорно-білої відеокамери з низькою роздільною здатністю (рис. 1.8.3). Система не вимагає попередніх знань і послідовно відрізняє до 10 різних жестів.

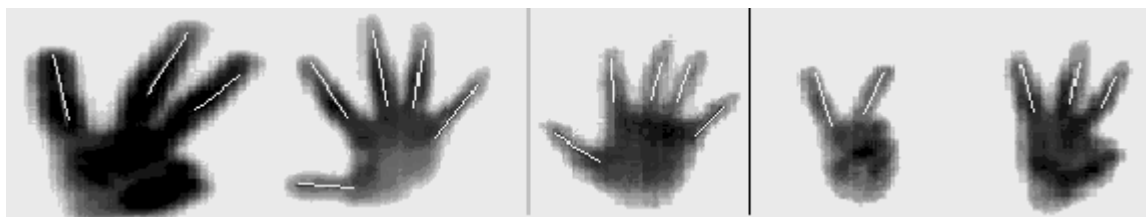


Рис. 1.8.3. Простий приклад системи розпізнавання жестів

### 1.8.3. Медичні додатки

Завдання медичної діагностики відіграють особливу роль у розвитку систем комп'ютерного зору. Основними завданнями, які ці технології повинні вирішити тут, є: завдання вимірювання об'єктів на рентгенівських знімках, комп'ютерні томограми та сучасні цифрові ультразвукові пристрої, завдання поліпшення візуалізації, завдання відновлення тривимірних форм об'єктів. Найбільш передові та швидко розвиваються технології у розробці медичних діагностичних програм можна розглядати як технологію, пов'язану з визначенням ступеня отруєння алкоголем та наркотиками на основі аналізу відповіді учнів хворого.

#### 1.8.3.1. Системи для комп'ютерного аналізу томографічних зображень

У розробці систем томографічного аналізу зображень загального призначення основна увага приділяється розробці автоматичних і напіваавтоматичних методів сегментації зображень. Реалізована схема алгоритму сегментації включає:

Первинна сегментація гістограми за допомогою методу статистичного вибору режиму;

- Формування пов'язаних доменів зі специфічними характеристиками шляхом об'єднання / розщеплення.

Метод статистичного вибору режиму, розроблений спеціально для даного класу задач, дає можливість оцінити кількість і ступінь сегментації гістограми (рис. 1.8.4.) Використовуючи відповідну статистичну похідну діаграму.

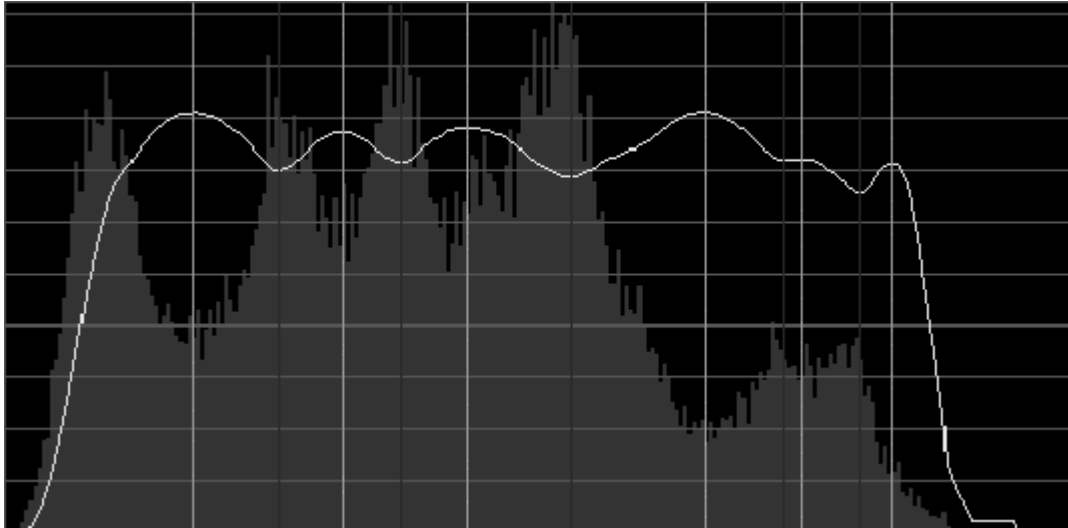


Рис. 1.8.4. Приклад автоматичного розподілу мод на гістограмі

Метод об'єднання (секціонування) з'єднаних областей використовує маркування пікселів, отриманих на першому етапі, як початкове наближення, після чого відбувається ітераційний процес релаксації для мінімізації заданої енергетичної функції. Алгоритм сегментації може використовуватися як в автоматичному, так і в напіваавтоматичному режимах. У цьому випадку лікар може ініціювати процес сегментації об'єктів, що його цікавлять, вказавши точки, що його цікавлять.

## 1.9. Переваги та недоліки систем машинного зору

Основним недоліком систем обробки зображень, що сильно обмежує зростання їх ринку, є відсутність єдиних стандартів для пристроїв і програмних інтерфейсів. Користувачі системи постійно скаржаться на неможливість використання систем від різних виробників, а інтеграційні продукти в цій області коштують дорого. Як поліпшується якість відсканованих зображень, зростає потреба в ефективному системному програмному забезпеченні для швидкого захоплення, очищення, стиснення та зберігання відеоданих. Якщо такі функції впроваджуються апаратно з плином часу, ми можемо очікувати, що попит на вбудовані системи комп'ютерного зору збільшиться.

Концепція багатоспектральних систем комп'ютерного зору, що обробляють зображення не тільки в людині, але й з радіолокаційними або лазерними системами та інфрачервоними камерами (приклади використання систем комп'ютерного зору для виявлення теплових полів людини в системах безпеки та для аналізу якості), виглядає перспективним. . гарячі рулони в кондитерській промисловості). Головною перешкодою на цьому шляху до розвитку обробки зображень є зусилля і складність роботи відповідних датчиків.

Тривалий і складний процес калібрування систем обробки зображень при налаштуванні на певну тему. Часто потрібно багато часу і обчислюють ресурси для навчання нейронної мережі. Часто прикладне програмне забезпечення також характеризується незручним інтерфейсом користувача, і часто неможливо переналаштувати систему на нову номенклатуру, а також в реальному часі, з яким користувач часто стикається. Покупцям вже потрібні системи, що дозволяють їм аналізувати продукти на стрічці конвеєра, а не індивідуально, аналізуючи все на стрічці в даний момент часу і негайно оцінюючи стан всіх продуктів.

Існує брак хороших математичних алгоритмів, які фокусуються на високопродуктивних комп'ютерах і підтримують паралельну обробку.

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Проблема виявлення подібних, але по-різному освітлених об'єктів залишається невирішеною і навряд чи зможе впоратися з ними у найближчому майбутньому.

Високі очікування клієнтів, низький вихід вже існуючих систем, невелика кількість хороших продуктів і можливість вирішення виробничих завдань іншим способом - без систем обробки зображень за допомогою дешевих співробітників - мають негативний вплив на ринок.

Але всі ці проблеми є тимчасовими. Провідні постачальники вже погоджуються на уніфіковані стандарти для створення публічного сховища знань і типових шаблонів продуктів, визначення інтерфейсів програмного забезпечення та розробки відповідності з мовами для опису і представлення даних із систем комп'ютерного зору [12].

Інтерес до систем машинного зору значною мірою підтримується успіхами машин в районах, де вони набагато перевершують людей у своїх здібностях. Таким чином, комп'ютер може виявляти тисячі зображень сірого кольору на зображенні і розрізняти мільйони кольорів, швидко вирішувати типові і добре формалізовані завдання розпізнавання і точно визначати деталі зображень. І зростаюча обчислювальна потужність недорогих процесорів сприяє випуску загальнодоступних побутових і промислових роботів, керованих традиційним ПК.

Виробники електронних систем безпеки покладаються на системи обробки зображень, щоб автоматично класифікувати об'єкти. Хороша система розпізнає всі типи автомобільної технології у відеозображенні та ідентифікує їх марки, шукає людей у натовпі, відстежує траєкторії людей і навіть рух частин тіла, прогнозування можливої поведінки і так далі.

Matt Allen, генеральний менеджер Microscan, описує переваги систем бачення: "Сьогоднішня швидка доставка і технологія виготовлення на замовлення перетворили інформацію в один з найцінніших активів компанії, а системи бачення - основа автоматизації багатьох виробничих процесів - як інструментів. " Системи збору зображень використовуються в таких

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

областях, як високошвидкісна сортування, контроль якості продукції та відстеження праці. "

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 1.10. Майбутнє машинного зору

Машинний зір має всі шанси перевищити людські стандарти протягом наступного десятиліття. Робота вже видно через стіни і кілометри. Останній бастион - розшифровка відеоінформації - скоро впаде. Збройними силами будуть робототехнічні машини, поїзд роботів і літаків-роботів. А також - лікарі, скальпель яких ніколи не зламається, а гостре око помітить артерію вчасно.

Можна сподіватися, що люди зможуть направити силу обробки зображень у правильному напрямку і не поспішають розробляти термінатори [14].

Є досить гарні перспективи для систем обробки зображень. Ідеальна система обробки зображень повністю спирається на цифрові технології, використовує смарт-камери та економічно ефективні пристрої, а також реалізує набір стандартизованих можливостей обробки та розпізнавання зображень. Ключем до його успіху, звичайно, буде практичне інтелектуальне програмне середовище, яке може гнучко і швидко адаптуватися до будь-якого домену, що передбачає динамічне розширення функціональності і легко вписується в технологічне обладнання.

За словами Хірохіси Хірукави, дослідника з Національного інституту передових досліджень і технологій, виробництво роботів у 21 столітті може стати найбільшою галуззю - як і виробництво автомобілів у 20-му столітті. У той же час, до 2025 року, або в екстремальних випадках до 2050 року, очікується, що масове поширення роботів буде виконувати роботу по дому [13].

Боб Тапплетт, менеджер проектів Microscan, каже: "Я вважаю, що можна стверджувати, що системи бачення стануть системою збору даних у майбутньому, і читачі штрих-кодів є минулим, і більшість з них буде пов'язано з цим". Погляд може вирішити значно ширший спектр завдань. "

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

## Висновок

Машинне бачення є досить неоднозначною темою. З одного боку, досягнуто вражаючих результатів у цій сфері і вирішено багато завдань. Системи обробки зображень беруть на себе автоматизацію виробництва, відеоспостереження та аналізу медичних зображень. З іншого боку, машинне бачення - це ще далеко від людей. Великі висоти досягли, набагато більше. Тому існують два погляди на розвиток обробки зображень. Деякі кажуть, що машини будуть досягати небачених висот і розвивати величезну силу, вони будуть випереджати людину. Інші стверджують, що автомобілі ніколи не перевищують чисельність людей, а обробка зображень не підходить для вирішення деяких проблем, які вимагають втручання людини.

Недосконалість обробки зображень частково пояснюється технічними причинами, але швидкий розвиток інформаційних технологій триває, і все більше технічних рішень знаходять.

Системи машинного зору стають все більш актуальними, оскільки вони призначені для вирішення найактуальніших проблем людини, таких як: безпека, медичні питання та питання якості продукції.

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2. Аналіз сучасних способів реєстрації рухомих об'єктів

### Актуальність проблеми

На даний момент проблема виділення об'єкта на фоновому зображенні є досить актуальною. Вона вирішується при розробці систем автопілота на автомобілях, пристроїв відеоспостереження безпілотних літаючих апаратів, роботів, систем визначення браку деталей на конвеєрній лінії, систем моніторингу потоку людей, автомобілів. Для пошуку об'єкта на зображенні відеокамери необхідно вирішити три основні завдання: виділення об'єкта на мінливому тлі, ідентифікація об'єкта по апіорним ознаками, стеження за переміщенням об'єкта; крім того, ці завдання повинні вирішуватися в реальному часі.

Умови зйомки відео можуть бути самими різними: камера статична або в русі, знаходиться в приміщенні з постійним освітленням або в відкритому просторі з природним освітленням, об'єкти великі чи дрібні, переміщаються швидко або повільно. Для кожного випадку необхідно якісно підібрати підходи і алгоритми, які будуть використовуватися для вирішення завдань, так як в даний момент універсального рішення, яке буде і швидко, і вірно стежити за переміщенням об'єктів в кадрі, що не знайдено.

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.1. Реєстрація руху за допомогою комп'ютерного зору

Нарешті, в сучасному світі комп'ютерний зір використовується практично у всіх технологічних процесах і називається машинним зором. Застосування промислових роботів на виробництві для переміщення предметів вимагає високої точності позиціонування. За допомогою просунутих систем машинного зору роботи здатні проводити автоматичний аналіз предметів. Пристрої захоплення зображень, а також пристрій аналізу та обробки зображень в робочій зоні маніпулятора є головними складовими системи машинного зору. Це не тільки прискорює виконання робіт, але і виключає помилки, обумовлені людським фактором. Найбільш часто технології машинного зору застосовуються в автомобільній, харчовій та легкої промисловості. Сучасні цифрові камери випускаються переважно в форматі 3D і можуть сприяти роботі головного комп'ютера виконувати одночасно кілька операцій - зокрема, вимірювати рівень рідини в тарі, зчитувати штрих-код і перевіряти чи на місці кришка.

Важливу роль машинний зір грає в соціальній і домашній робототехніці. Системами бачення оснащені навіть роботи-пилососи, наприклад, пилосос Samsung POWERbot VR9000H оснащений бортовою камерою і датчиками, які сканують простір і дозволяють роботів легко орієнтуватися в приміщенні. Подібним чином автоматизований пилосос LG HOM-BOT Turbo + має датчики камери Triple Eye, які відстежують місця, вже очищені раніше. Камера розташована на передній частині пристрою і дозволяє виконувати смарт- 16 функцію під назвою Home-Guard. Ця функція може фіксувати будь-який рух, автоматично фотографувати своє оточення і відправляти фотографії на зв'язаний смартфон [15]. Аналогічно на iRobot також з'явився новий роботизований пилосос Roomba 980 з камерою, яка нахиляється вперед і вгору приблизно на 45 градусів і технологією VSLAM для ефективно побудови карти і логічного слідування за маршрутом. Окреме досягнення - це інноваційна система OMOTE [16]. Ця технологія машинного бачення, здатна в режимі реального часу визначити форму особи, розпізнати

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

всі об'єкти на ньому і проектувати точно підібрані зображення. Система здатна відсканувати попередньо лице людини, потім намітити спеціальні точки для маркування тих областей, на які повинні накладатися зображення, і за допомогою високоточної проектора реалістично відобразити зображення на лиці. Сервісні роботи представляють собою величезне поле діяльності для машинного зору. В якості ілюстрації візьмемо область охоронних систем для ідентифікації особи, розпізнавання і відстеження рухомих об'єктів. Яскравий приклад - робот-охоронець Bob від G4S, який ефективно сканує офіси за допомогою 3D датчиків, створюючи відображення всієї навколишнього середовища в віртуальній карті. Наступний приклад - недавно випущений робот-охоронець Knightscope K3, що надає комплексні рішення безпеки як усередині приміщень, так і на відкритому просторі, завдяки обертовому радару на 360 градусів, камерам високої чіткості, тепловізору, системам розпізнавання номерних знаків, людей і осіб.

Відомий робот телеприсутності VGo може переміщатися завдяки комп'ютерному зору по будівлях, дозволяючи людям бачити все навколо і спілкуватися віддалено. Подібним чином діє і робот телеприсутності з машинним зором Beam від Sutable Technologies.

Такі комунікаційні роботи, як Iuro, SociBot, Talking-Ally і новинка 2016 року Aido завдяки вбудованим мікрокамерам, штучного інтелекту і датчикам можуть розпізнавати предмети, розрізняти обличчя людей, розмовляти і навіть виявляти емоції. У багатьох ресторанах, готелях, торгових центрах і офісах вже давно використовуються роботи для обслуговування клієнтів. Машинний зір в поєднанні з ПЗ (програмним забезпеченням) дозволяє даними технологіями розмовляти з людьми і відповідати на їхні прохання. Найбільш яскравий приклад - гуманоїд SoftBank Pepper, який активно поширюється в Японії, в Європі, працює в магазинах і торгових центрах в ролі консультанта. Серед останніх новинок в цій галузі також варто виділити робота Space Genius, призначеного для роботи в супермаркетах, скануючого всі продукти і штрих-коди і відображає відео на дисплеях в HD якості.

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Істотний попит на комп'ютерний зір спостерігається з боку сільськогосподарських організацій, де необхідна автоматизація діяльності по візуальному контролю і сортування продуктів. Тут можуть застосовуватися роботи з машинним баченням, такі як CASER, Ladybird, а також Ibex [17]. Останній оснащений цілим масивом камер і датчиків, щоб маневренню і з більшою автономією працювати на полях.

Далі буде розглянута велика сфера безпілотних літальних апаратів, які оснащені технологіями машинного зору для автономного та безпечного польоту. AeroMapper Talon є безпілотником з кращою оптикою в світі - 16 МП камерою з об'єктивом Voigtlander. Наряду з цими технологіями дрон має систему контролю дальності діапазону і передачі даних на великі відстані (20 км). Компанія SNAP Vision пропонує безпілотники з високотехнологічними компонентами. Так, дрон StitchCAM оснащений запатентованим датчиком зображення V2, який захоплює дані з високою роздільною здатністю. Коптер DJI Phantom 4 є першим споживчим БПЛА (Безпілотним Літальним Апаратом) з автономною системою позиціонування, що використовує оптичні, ультразвукові датчики і 4 мікрокамери.

Машинний зір відіграє велику роль для військових безпілотників, так як розпізнавання об'єктів за допомогою комп'ютера необхідно для проведення місій спостереження і розвідки. Такими технологіями оснащені військові безпілотники компаній Northrop Grumman, BAE Systems, Boeing і IAI. Зокрема БПЛА Northrop Grumman Bat, який оснащений високоточними датчиками і камерами, що дозволяє літати автономно, проводити розвідку, спостереження, рекогносцировку, визначати саморобні вибухові пристрої і працювати спільно з пілотованою авіацією. Одночасно відбувається зростання інтересу до систем машинного зору і в сфері медицини. Ці технології можуть виробляти автоматичний аналіз медичних зображень таких, як рентген, томографія, УЗД. Обробка отриманих за допомогою комп'ютерного зору зображень і відео даних може застосовуватися для більш точного визначення діагнозів.

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Медичні роботи, оснащені системами комп'ютерного бачення, вже довели свою ефективність на практиці. Хірургічна система da Vinci Xi [18] має розширені основні можливості, в тому числі інструменти візуалізації 3D-ND і інтуїтивного руху. Дана технологія бачення забезпечує хірургу збільшене зображення для точного позиціонування під час операції. За аналогічним принципом працюють роботи-хірурги CT Sabre від Parallax Innovations і IGAR від CSII. Медичний робот RP-VITA від iRobot використовується лікарями, щоб періодично спостерігати за пацієнтами, що перенесли інсульт у віддалених лікарнях. Зазначений робот оснащений тридцятьма датчиками, що дозволяють пересуватися по лікарняних коридорах, автоматично уникати зіткнень з медичним персоналом або іншими перешкодами. З останніх новинок - робот-хірург STAR, який є першим автономним інструментом для проведення складних хірургічних операцій. Його зорова система спирається на інфрачервоні маркери області оперованого органу. Спеціальна NIRF камера відстежує ці маркування в той час, як 3D-камери записують зображення всього операційного поля. Незважаючи на те, що апарат застосовується на тваринах, можливі повноцінні операції з його участю і на людині в майбутньому.

Таким чином, аналіз історії розвитку методів і засобів сканування показав, що під час розробки всіх перерахованих проектів вирішувалися завдання виділення об'єктів, їх поділ і ідентифікація, відділення фону на зображенні. Для кожного випадку вирішення цих завдань в різній мірі відрізняються і сильно залежать від умов освітлення, руху, можливостей камери. У дипломі вирішується завдання визначення рухомих людей на статичному фоні по малому числу апріорних знань, визначення напрямку їх руху і підрахунок. Особливо це завдання складне, якщо люди навмисно приховуються один за одним.

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.2. Основні завдання, проблеми та межі роботи

При вирішенні задачі обробки зображень з відеокамери, необхідно встановити умови зйомки і діапазон їх зміни: камера статична або в русі, в приміщенні з постійним освітленням або на відкритому просторі з природним освітленням, що відслідковують об'єкти великі чи дрібні, певної форми або змінною, переміщаються в кадрі швидко або повільно. Для кожного випадку необхідно якісно підібрати підходи і алгоритми, які будуть використовуватися для вирішення завдань, тому дуже важливо встановити умови середовища. У нашому випадку визначені наступні умови:

- 1) камера статична;
- 2) в кадрі вхідні двері видно добре, основний маршрут руху від себе і до себе;
- 3) освітлення штучне, постійне, проте можливі зміни освітленості, внаслідок зміни зовнішньої освітленості;
- 4) об'єкти, що цікавлять - люди, відвідувачі офісу.

У цих умовах необхідно виявити рухомі об'єкти в відслідковуємій зоні, серед них впізнати людей, визначити їх напрямок руху, скласти траєкторію руху, провести підрахунок людей, які пройшли в різні напрямки. Завдяки тому, що відстежувана зона знаходиться в приміщенні з постійним освітленням, завдання не ускладнене змінюваним фоном у вигляді хитких дерев і шумом у вигляді опадів у вигляді дощу і снігу. Складність завдання описана двома наступними пунктами. Перше, це питання поділу людей які йдуть поруч, особливо коли люди навмисно приховуються від камери один за одним. Друге, це питання стеження за переміщенням об'єкта, а саме ідентифікація кожної людини і знаходження його на наступному кадрі.

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 2.3. Аналіз Методів Обробки Зображення

При відеореєстрації з цифрової камери отримуємо потік даних, який представляє собою послідовність кадрів зображення. Всі кадри мають один і той же розмір і надходять з певним часовим інтервалом. Величина, що визначає кількість кадрів, оброблюваних за одну секунду, називається FPS (Frames Per Second). Отримане з відеокамери зображення найчастіше має достатній FPS, проходячи обробку, FPS зменшується. Таким чином, зміна FPS після обробки безпосередньо залежить від швидкості роботи алгоритму. Для коректної роботи системи важлива кількість кадрів, на яких була зафіксована людина. Одного кадру буде досить для визначення присутності людини, двох для визначення напрямку руху, а для визначення перетину віртуальної лінії підрахунку, необхідно мінімум 5 кадрів. Якщо довжина мінімального маршруту руху в кадрі 3 метри, середня швидкість бігу тренованої людини на короткій дистанції 8,3 м / с, значить для того щоб камера зафіксувала людину 5 разів, вона повинна мати не менше 20 FPS. Системи реального часу повинні володіти низькою втратою FPS, обробляти зображення досить швидко, дозволяючи виводити результат миттєво. Такі алгоритми цікавлять нас в першу чергу. У деяких випадках, для підвищення швидкості обробки слід використовувати відеокамеру з меншою роздільною здатністю, якщо зміна чіткості об'єктів не скажеться на результатах.

Також варто враховувати, що ніяка відеокамера не забезпечує ідеальної якості й може спричинити перешкоди і шуми на зображенні, які можуть перешкодити обробці. Тому часто необхідно проводити передобробку зображення, застосовуючи фільтри, які прибирають або зменшують шуми.

При аналізі алгоритмів були визначені такі важливі параметри як:

- 1) стійкість роботи алгоритму при появі перешкод на зображенні;
- 2) обчислювальна складність алгоритму;

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3) застосовність в контексті завдання.

Рішення завдання підрахунку минулих людей можна розбити на наступні завдання:

- 1) пошук об'єктів, що рухаються в кадрі;
- 2) визначення кількості людей серед знайдених об'єктів;
- 3) спостереження за переміщенням кожної людини для визначення напрямку руху.

Для кожного завдання проаналізовані існуючі методи рішення.

### **2.3.1. Методи виявлення рухомих об'єктів**

#### **2.3.1.1. Кореляційні методи**

Кореляційний метод полягає в переміщенні заздалегідь відомого зображення об'єкта (еталон) по спостережуваному зображенню і обчисленні міри схожості для кожного положення. Положення з максимальною мірою вважається станом об'єкта. Цей метод стійкий до шуму на зображенні, може застосовуватися для статичних або рухомих об'єктів і підходить для випадків, коли зображення шуканого об'єкта незмінне і заздалегідь відомо, наприклад, визначення строго орієнтованої деталі на конвеєрній лінії. Але в нашому випадку апріорі образ людини яка проходить невідомий, крім цього під час ходьби у людини змінюється силует і в різні моменти часу не відповідає одному еталону. Таким чином, цей алгоритм не підходить для пошуку людей на зображенні. Однак, даний метод можна використовувати для визначення подібності людей з двох послідовних кадрів, тобто, знаючи, як людина або його частина виглядали на попередньому кадрі, знайти його на поточному.

При реалізації даного методу можна порівнювати зображення попиксельно, але це буде досить повільно на великих зображеннях. Швидше буде порівняти гістограми яскравості зображень. Зображення сіткою

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

розбивається на квадратні секції, всередині яких підраховується яскравість, і будується гістограма яскравості секцій зображення.

Метод кореляції по гістограмі яскравості є в бібліотеці OpenCV [19] і описаний таким рівнянням:

$$d(H_1, H_2) = \frac{\sum_I (H_1(I) - \bar{H}_1)(H_2(I) - \bar{H}_2)}{\sqrt{\sum_I (H_1(I) - \bar{H}_1)^2 \sum_I (H_2(I) - \bar{H}_2)^2}} \quad (1)$$

де  $\bar{H}_k = \frac{1}{N} \sum_J H_k(J)$ ,  $N$  – число стовпців гістограми. Значення, що повертається належить інтервалу  $[-1; 1]$ , 1 - максимальна відповідність, -1 - максимальне невідповідність, 0 - немає ніякої кореляції.

### 2.3.1.2. Методи віднімання. Загальний принцип

Методи віднімання є поширеними методами виявлення руху в кадрі і мають кілька реалізацій і поліпшень. У загальному випадку на вхід подаються два кадри одного розміру, на виході отримуємо маску активності, яка розрахована на основі різниці вхідних кадрів, і являє собою кадр з білими і чорними областями, де білі області означають зону руху. Матриця активності розраховується за такою формулою:

$$M(x, y) = \begin{cases} 0, & |J_{xy} - I_{xy}| < T \\ 1, & |J_{xy} - I_{xy}| \geq T \end{cases}, x = 0 \dots w, y = 0 \dots h \quad (2)$$

де  $x, y$  – номер пікселя по горизонталі і вертикалі відповідно;  $w, h$  – ширина і висота кадру;  $J, I$  - вхідні кадри;  $T$  - порогове значення;  $M$  - маска активності.

Віднімання значень пікселів на кольоровому RGB зображенні відбувається наступним чином:

1) Для двох надійшли кадрів попіксельно обчислюється міжкадрового різницю за такими формулами:

$$Rres[i] = |R1[i] - R2[i]|,$$

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Gres[i] = |G1[i] - G2[i]|, \quad (3)$$

$$Bres[i] = |B1[i] - B2[i]|,$$

де  $Rres[i]$ ,  $Gres[i]$ ,  $Bres[i]$  - значення червоної, зеленої і синьої компоненти кольору  $i$ -го пікселя результуючого кадру різниці,  $R1[i]$ ,  $G1[i]$ ,  $B1[i]$ ,  $R2[i]$ ,  $G2[i]$ ,  $B2[i]$  - значення червоної, зеленої і синьої компоненти кольору  $i$ -го пікселя на першому і другому кадрі.

2) Для кожного значення пікселя обчислюється середнє значення між значеннями трьох компонент кольору:

$$p[i] = (Rres[i] + Gres[i] + Bres[i]) / 3. \quad (4)$$

3) Середнє значення порівнюється із заданим порогом. В результаті формується двійкова маска:

$$m[i] = \begin{cases} 0, & p[i] < T \\ 1, & p[i] \geq T \end{cases} \quad (5)$$

де  $m[i]$  - значення  $i$ -го елемента маски,  $T$  - порогове значення.

Таким чином, змінюючи порогове значення  $T$ , буде змінюватися чутливість методу до руху на зображенні.

Цей метод має декілька популярних розвитків, які описані далі.

### 2.3.1.3. Метод відмімання сусідніх кадрів

У простій версії методу на вхід подаються два сусідніх кадру з відео потоку, на виході виходить маска, на якій видно сліди руху об'єктів. Такий метод простий в обчисленнях і має складність  $O(n)$ , добре підходить для випадків, коли необхідно просто зафіксувати рух в кадрі, що не досліджуючи інформацію про рухомих об'єктах, оскільки об'єкт не виділяється цілком, лише місця його зміщення між двома кадрами. Ілюстрація роботи алгоритму представлена на рисунках 2.3.1. - 2.3.4. На рисунках 2.3.1. і 2.3.2. представлені два сусідніх кадру з відео потоку з рухомою людиною і автомобілем. Ці кадри подаються на вхід алгоритму. Результат алгоритму

продемонстровано на рисунку 2.3.3. Для зручного відображення результату, він накладено на вхідний кадр (Рисунок 2.3.4).



Рисунок 2.3.1. –  
Вхідний кадр 1



Рисунок 2.3.2. –  
Вхідний кадр 2



Рисунок 2.3.3. –  
Маска  
активності



Рисунок 2.3.4. –  
Накладання маски  
на кадр

Видно, що рухомі об'єкти залишили сліди в масці активності. Слідами переміщення можна судити про наявність руху в кадрі. Але для вирішення завдання пошуку об'єкта інформації про сліди недостатньо, необхідно повне виділення об'єкта.

#### 2.3.1.4. Метод вирахування базового кадру

На практиці найчастіше потрібно виділити весь рухомий об'єкт, щоб судити про геометричні параметри об'єкта. Для цього необхідно модернізувати попередній метод, змінивши подаються на вхід кадри. Спершу створимо кадр, який містить виключно нерухомий фон, такий кадр називається базовим. Подамо на вхід методу поточний кадр (рисунок 2.3.6.) і базовий кадр (рисунок 2.3.5.).

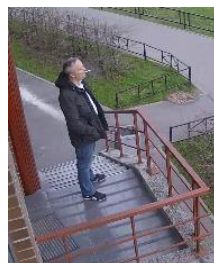
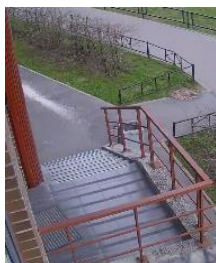


Рисунок 2.3.5. – Рисунок 2.3.6. – Рисунок 2.3.7. – Рисунок 2.3.8. –  
 Базовий кадр Поточний кадр Маска Накладання маски  
 активності на кадр

Віднімаючи кадри, ми отримали повне виділення об'єкта (рисунок 2.3.7.), за яким можна визначити його форму, при цьому за складністю цей метод ідентичний попередньому. Даний метод підходить для випадків, коли фон не змінюється з плином часу. Наприклад, при розпізнаванні деталі на конвеєрної лінії можна створити умови незмінного фону, зробивши стрічку лінії монотонної. Такі випадки в реальних задачах вкрай рідкісні, найчастіше за все фон змінюється або має високі шуми, в такому випадку будь-яка зміна параметрів фону будуть сприйняті алгоритмом як рух. Наприклад, якщо на тлі присутній листяних дерев, то під час вітру, коливання його листя будуть створювати багато перешкод, з якими буде важко боротися. При розпізнаванні автомобільних номерів, поверхня номера може бути забруднена або погнута. Тому для завдань із змінним фоном даний метод не підходить.

Так само зауважимо ще один недолік даного методу. Фігура в масці активності має чорну смугу, це пояснюється недостатньо малим пороговим значенням  $T$ . При його зменшенні втрачений сегмент додається в фігуру, але при цьому з'явиться багато шумів. Слід знайти компромісне порогове значення і видалити шуми і чорні сегменти об'єкта за допомогою морфологічних перетворень, про які буде розказано пізніше.

### **2.3.1.5. Метод низькочастотної часового фільтра рекурсивного згладжування**

Для випадків мінливого фону існує метод низькочастотного часового фільтра рекурсивного згладжування. Відмінність цього методу від попереднього в способі побудови базового кадру. Базовий кадр будується з



усього набору кадрів відеопотоку, при цьому кожен новий кадр об'єднується з базовим з деяким коефіцієнтом  $\alpha$ . У такому випадку при плавній зміні фону, базовий кадр буде адаптуватися до нового фону. Ілюстрація алгоритму представлена на рисунку 2.3.9.

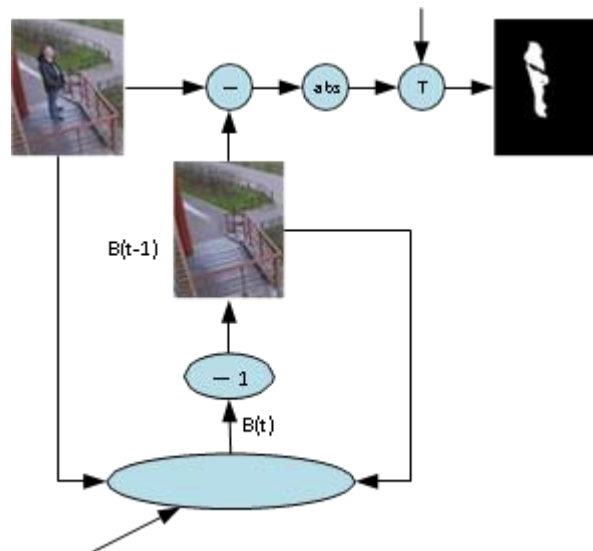


Рисунок 2.3.9. - Метод низькочастотного часового фільтра рекурсивного згладжування

Але цей метод має серйозний недолік, щодо розв'язуваної в дипломі завдання: зупинився об'єкт, з часом об'єднується з базовим кадром і пропадає з маски активності. Для вирішення цієї проблеми варто модернізувати алгоритм обчислення базового фону таким чином, щоб точки, що містяться в уже знайдені об'єкти, ігнорувалися при розрахунку базового кадру. Таким чином, людина зупинився на місці не буде об'єднується з фоном і пропадати з маски активності.

#### 2.3.1.6. Моделювання роботи сітківки ока людини

Натхненний біологічним пристроєм зору алгоритм розпізнавання об'єктів заснований на ієрархічній моделі кори головного мозку, яка спочатку

була запропонована Рісенхоубером і Поджіо, а потім розширена Серр і іншими [20].

Обробка візуальної інформації в мозку людини починається з сітківки (рисунок 2.3.10). Сітківка сприймає видиме зображення і розбиває його на інформацію різного роду. Зокрема, вона містить М і Р клітини. Р-клітини відіграють головну роль в розпізнаванні об'єктів, їх деталей, в той час як М-клітини отримують вхідну форму великої кількості фоторецепторів і більш чутливі до сприйняття руху. Перш ніж електричні імпульси досягають кори в області V1 (первинна зорова кора), вони проходять через релейний центр, званий латеральним колінчастим ядром (LGN).

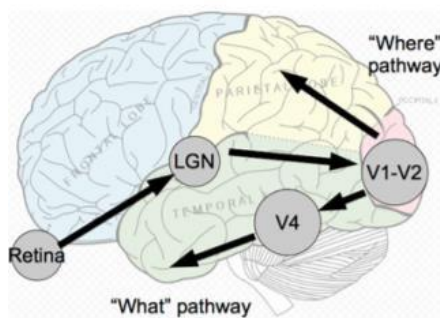


Рисунок 2.3.10. - Обробка шляхів в зоровій системі людини, запропонована Хьюбел і Візелем [20].

Існує безліч функцій LGN, включаючи тимчасові кореляції, а також просторові кореляції.

Візуальна інформація з осередків LGN виступає в область V1 (первинна зорова кора), де входи обробляються шарами коркових нейронів, що працюють в масовому паралельному режимі. Марселя показав, що коркові клітини в корі V1 чутливі до орієнтації і масштабам і використовуються для визначення ознак контурів. V1 - частина зорової кори, яка лежить в самій задній області потиличної частки (рисунок 2.3.10.).

### 2.3.1.7. Використання магноцеллюлярного каналу модуля сітківки ока

Основна ідея підходу полягає в тому, щоб скопіювати візуальну систему людини шляхом моделювання деяких його частин для розробки модулів обробки зображень низького рівня.

До цих пір найбільш відомими частинами нашої візуальної системи є сітківка і область кори V1. Сітківка може розглядатися як крок попередньої обробки, який встановлює візуальні дані для полегшеного аналізу високого рівня. Кору V1 можна розглядати як описувач візуальної інформації низького рівня.

Клітини сітківки з'єднані один з одним, утворюючи два шари сплетінь нервових волокон з безліччю синоптичних контактів: зовнішній сітчастий шар сітківки і внутрішній сплетенієвидний шар сітківки. Кожен шар моделюється спеціальними фільтрами. Рівень внутрішнього сплетенієвидного шару являє собою останню сходинку обробки інформації всередині сітківки перед направленням в зорові центри мозку, дозволяє ідентифікувати різні канали інформації.

Інтерес представляють два паралельних нейронних канали, що йдуть від фоторецепторів до кори і по-різному обробляють інформацію в сітківки - «парвоцеллюлярний» і «магноцеллюлярний» канали.

Технічно парвоцеллюлярний зоровий шлях служить для аналізу інформації про контурах, кольору об'єкта і лінійно орієнтації його деталей. Магноцеллюлярний шлях забезпечує реєстрацію руху об'єктів, визначає просторові відносини між об'єктами, відповідає за сприйняття просторової глибини.

Біологічно парвоцеллюлярний канал перебуває на рівні центральної ямки (центральный зір), магноцеллюлярний канал забезпечує периферійний зір.

Розгляд обох каналів, як різних складових інформації в одному і тому ж зображенні становить інтерес для комп'ютерного зору, оскільки деталі і дані

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

про рух об'єкта можна вважати, як паралельну інформацію в одній і тій же області.

На магноцеллюлярной каналі внутрішнього сплетенієвідного шару амакріновіє клітини діють як високочастотні тимчасові фільтри. Цей ефект моделюється фільтром першого порядку

$$A(z) = b * \frac{1 - z^{-1}}{1 - b * z^{-1}}, \quad (6)$$

де  $b = e^{-\Delta t / \tau_A}$ ,  $\Delta t = 1$  - дискретний крок часу,  $\tau_A$  - постійна часу фільтра.

Цей фільтр збільшує області, де відбуваються зміни в просторі і часі. На малюнку 2.11 показана модель магноцеллюлярной каналу внутрішнього сплетенієвідного шару. Амакріновіє нейрони (А), які становлять 70% входів сітківки різняться за призначенням і виконують в основному функції по виділенню руху, швидкості руху, аналізу складних форм об'єктів. Амакріновіє нейрони пов'язані з біполярними нейронами (BipON і BipOFF на рисунку 2.3.11.) і з гангліозними клітинами. Гангліозних клітини об'єднують від одного до сотні біполярних нейронів, підсумовуючи їх сигнали, що підвищує світлову чутливість.

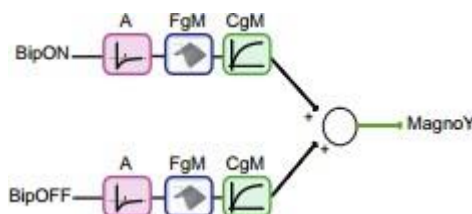


Рисунок 2.3.11. - магноцеллюлярной канал внутрішнього сплетенієвідного шару [20].

Гангліозні ячейки крім виконання локального контрастного стиснення (CgM), також є просторовим фільтром нижніх частот (FgM, фільтром, подібним фільтрам моделі зовнішнього сплетенієвідного шару). Результатом є тимчасова фільтрація з високою роздільною здатністю інформації про контур (фільтр А), яка згладжена і посилена (фільтр FgM і стиснення CgM).

Як наслідок, витягуються і поліпшуються тільки контури з низькою просторовою частотою (особливо контури, перпендикулярні напрямку руху).

Модель сітківки ока описана на C ++ в модулі Retina [20] загальнодоступної бібліотеки OpenCV.

### **2.3.2. Ідентифікація людського силуету**

Для виділення серед рухомих об'єктів людей, необхідно провести аналіз виділеної області на наявність ознак, що ідентифікують людину. Чим більше апріорних ознак буде відомо про людину, тим більша ймовірність вірного визначення людини. Наприклад, можна використовувати такі фізіологічні ознаки як: статура, співвідношення частин тіла, зміна силуету при ході.

#### **2.3.2.1. Контури Кенні і Фур'є-дескриптори**

Виділять ознаки можна з контурів на зображенні. Контури можна отримати оператором Кенні [21], який складається з:

- 1) Застосування фільтру Гауса для видалення шуму і згладжування зображення;
- 2) Пошук градієнтів колірної інтенсивності на зображенні;
- 3) Локалізація максимумів з метою зменшення товщини контурів;
- 4) Застосування порогової функції;
- 5) Трасування контурів для придушення побічних контурів, незв'язаних з основними.

Результат роботи оператора Кенні наведено на малюнку 2.3.12.

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

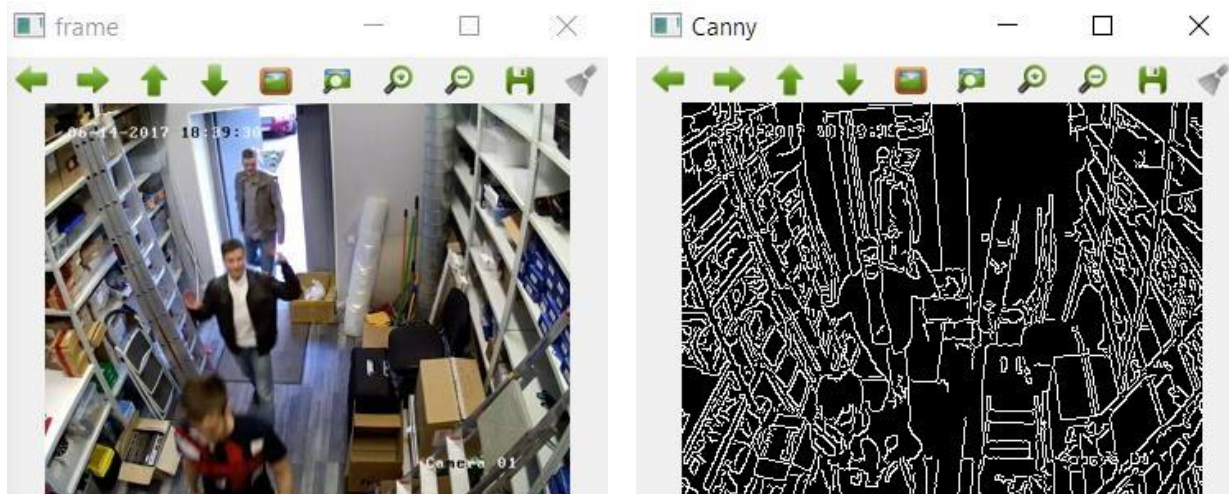


Рисунок 2.3.12. - Оператор Кенні

Контури необхідно описати, щоб їх можна було порівнювати і виділяти з них необхідні ознаки. Для цього їх можна описати за допомогою Фур'є-дескрипторів, які до того ж можуть бути малочутливими до паралельного переносу, повороту і зміни масштабу об'єктів. Дескриптори - це лексична одиниця (слово, словосполучення) інформаційно-пошукової мови, що служить для опису основного змісту. Варто враховувати, що контур людини може мати різні масштаби, в залежності від віддаленості людини від камери і різні форми в залежності повороту силуету і ракурсу.

Для опису контуру може використовуватися різна кількість Фур'є-дескрипторів, від їх кількості буде залежати деталізованість контуру. При збільшенні кількості Фур'є-дескрипторів силует буде змінюватись як показано на рисунку 2.3.13. і 2.3.14.

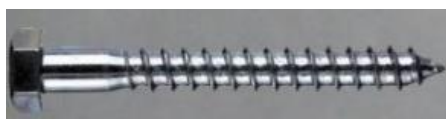


Рисунок 2.3.13. – Початковий вид

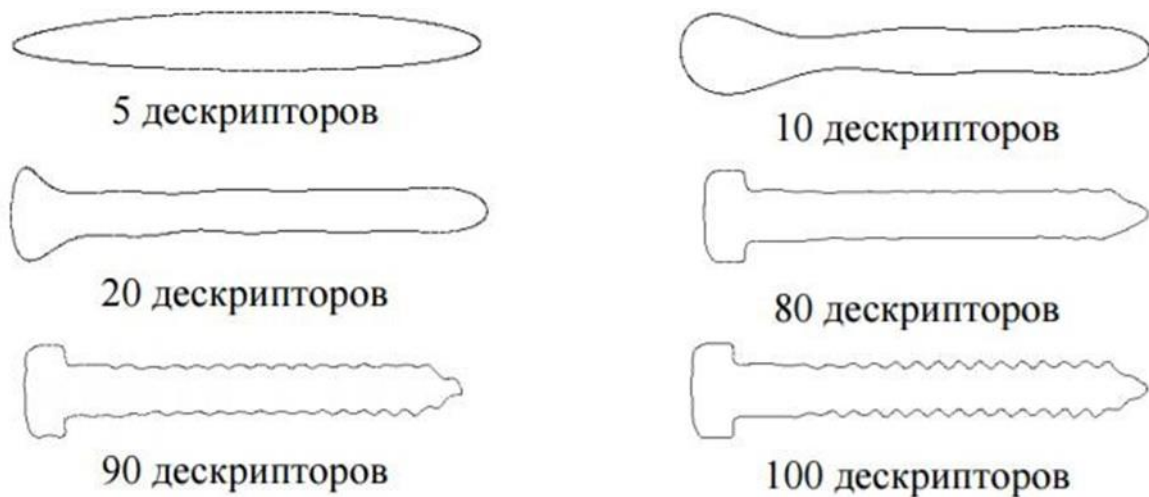


Рисунок 2.3.14. – Представлення дескрипторами-Фур'є

### 2.3.2.2. Метод Віоли-Джонса

Даний метод використовує принцип скануючого вікна, всередині якого відбувається пошук потрібних об'єктів. Скануюче вікно поступово переміщається по зображенню в заданому напрямку скануючи все області. Зображення використовується в інтегральному представленні, яке дозволяє розраховувати сумарну яскравість в області скануючого вікна. Інтегральне представлення зображення - це матриця, що збігається за розмірами з вихідним зображенням. У кожному елементі її зберігається сума інтенсивностей всіх пікселів, що знаходяться лівіше і вище даного елемента. Елементи матриці розраховуються за такою формулою:

$$(x, y) = \sum_{i=0,=0}^{i \leq x, j \leq y} I(i, j), \quad (7)$$

де  $I(i, j)$  - яскравість пікселя вихідного зображення,  $x, y$  – координати пікселя.

Приклад результату обчислення інтегрального представлення наведено на малюнках 2.3.15. - 2.3.18.



Рисунок 2.3.15. – Початкове зображення



Рисунок 2.3.16. – Інтегральне представлення



Рисунок 2.3.17. – Середньоквадратичне інтегральне представлення



Рисунок 2.3.18. – Похиле інтегральне представлення

В інтегральному представленні проводиться пошук ознак Хаара. Ознаки Хаара своєю назвою зобов'язані інтуїтивною схожістю з вейвлетами Хаара. У методі Віюлі - Джонса використовуються прямокутні ознаки, зображені на рисунку 2.3.19. зліва, вони називаються примітивами Хаара, а також додаткові ознаки, зображені на рисунку 2.3.19. праворуч.

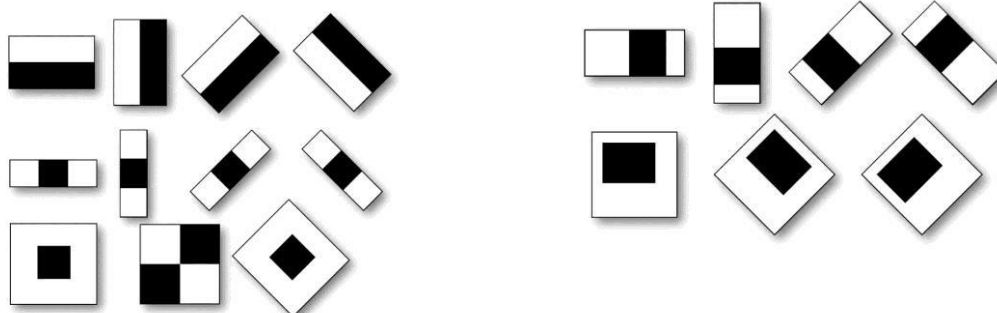


Рисунок 2.3.19. - Ознаки Хаара

Ознаки Хаара виходять на етапі навчання. Для навчання подається набір зображень з шуканим об'єктом, і набір зображень без нього. Алгоритм навчання створює каскад ознак. На верхньому рівні каскад має більш загальні ознаки, які можуть не точно визначити об'єкт, але відкинуть явно невідповідні. У разі збігу ознак, алгоритм переходить на порівняння більш точних ознак другого рівня каскаду. Якщо алгоритм дійде до останнього рівня каскаду і успішно пройде його, об'єкт буде вважатися знайденим. Таким чином, для більшої точності розпізнавання необхідна більша кількість



рівнів каскаду. Для вірного навчання каскаду повинна використовуватися досить велика кількість прикладів зображень з об'єктом і без нього.

### **2.3.3. Стеження за переміщенням людини**

Для підрахунку рухомих об'єктів недостатньо просто виділяти їх на кожному кадрі, необхідно стежити за переміщенням кожного, тобто для кожного об'єкта в поточному кадрі зіставити об'єкт з попереднього кадру і визначити його зміщення.

#### **2.3.3.1. Використання центру мас**

Найпростіший метод - це визначати на кожному кадрі центр мас фігури і шукати найближчий центр мас об'єкта з наступного кадру, такий метод може підійти, коли об'єкти рухаються приблизно з однією швидкістю, їх траєкторії не перетинаються, а камера має достатню кількість FPS, для того щоб зміщення швидкорухомого об'єкта на сусідніх кадрах було мінімальним. Наприклад, такий спосіб може використовуватися при супроводі руху автомобілів на дорозі, так як відстань між центрами мас сусідніх автомобілів більше, ніж зміщення центру мас кожного на послідовності двох кадрів. У нашому випадку, такий метод непридатний, тому що центри мас двох людей можуть бути досить близькі, в порівнянні з зміщенням центрів мас кожного.

#### **2.3.3.2. Кореляційний метод**

Використовуючи його, можна для кожного знайденого об'єкта шукати максимально схожий на наступному кадрі. На практиці такий метод не універсальний і може втратити людину, яка, наприклад, встигла змінити свій вигляд протягом двох кадрів, накинувши капюшон або швидко повернувшись.

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 2.3.3.3. Фільтр Калмана

Використовуючи даний метод можна передбачити зміщення об'єкта. Алгоритм методу складається з двох повторюваних фаз: передбачення і коригування. На першому етапі передбачається стан системи і помилка коваріації, на другому - передбачені значення коригуються для отримання поточного значення змінної величини. Таким чином, можна фіксувати траєкторію руху людини. Приклад роботи фільтра Калмана наведено на рисунку 2.3.20., де зелені точки - справжній стан об'єкта в різні моменти часу, а фіолетова лінія - передбачене положення.

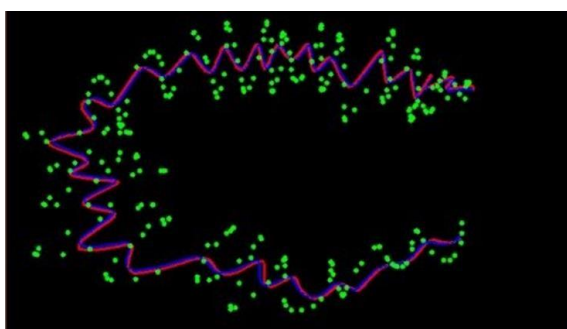


Рисунок 2.3.20. - Траєкторія, основана на прогнозах

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

### 3. Розробка Системи

#### 3.1. Використовувані інструменти розробки

Система слідування за переміщенням об'єктів була розроблена на мові програмування C ++, в середовищі розробки CLion. Для роботи з зображенням використовувалася бібліотека з відкритим вихідним кодом OpenCV. Ця бібліотека є найпопулярнішою і розвиненою в області обробки зображень і комп'ютерного зору, має базові методи просторової, тимчасової і просторово-часової фільтрації, методи геометричного перетворення, перетворення колірних просторів, методи введення / виведення зображення, машинного навчання, виявлення об'єктів на зображенні. Вихідний код бібліотеки написаний на C ++. Відео для розробки було отримано з камери зовнішнього спостереження з роздільною здатністю 1920x1080 пікселів.

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 3.2. Етапи розробки системи

### 3.2.1. Етап виявлення зон руху

Пошук рухомих об'єктів було здійснено за допомогою модуля Retina. Для їх виділення використовувався канал Magnog, що представляє собою потік кадрів в градаціях сірого: від чорного до білого. Білий означає інтенсивний рух, чорний - його відсутність. В результаті обробки вихідного зображення (рисунок 3.2.1.) по каналу Magnog отримані зображення (рисунок 3.2.2.) з розмитими межами зон руху і шумом фону. Для отримання чітких меж і первинна фільтрація шумів був використаний метод threshold (рисунок 3.2.3.). Цей метод реалізує бінарний пороговий фільтр, який працює за наступною формулою:

$$R[i,j] = \begin{cases} 0, & \text{если } I[i,j] < t \\ 1, & \text{если } I[i,j] \geq t \end{cases} \quad (1)$$

де  $R$  - зображення, отримане в результаті  $I$  - вихідне зображення,  $i$  і  $j$  - рядок і стовпець пікселя в зображенні,  $t$  - порогове значення.

Таким чином, після обробки кадру останнім методом були отримані розділені зони руху з чіткими кордонами. Додатково, кожна зона була виділена зовнішнім вертикальним прямокутником, відбитим на кадрі (рис 3.2.4.).

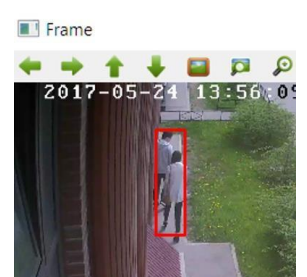
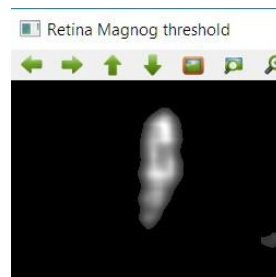


Рисунок 3.2.1. —  
Початкове  
зображення

Рисунок 3.2.2. —  
Результат Magnog

Рисунок 3.2.3. —  
Результат  
threshold

Рисунок 3.2.4.—  
Виділення  
об'єкта

Для збільшення швидкості роботи Магно каналу використовувався відеопотік камери з малою роздільною здатністю 318 x 240 пікселів. При цьому кількість виявлених і супроводжуваних людей не змінилося.

### 3.2.2. Етап визначення людей в зонах руху

Зона руху може містити в собі одного або декілька людей, а також сторонні об'єкти, такі, як тварини, сумки, візки, автомобілі та інше. Необхідно в межах зони визначити кількість людей. Було вирішено звести задачу пошуку образу людини до пошуку голови і плечей. Передбачається, що ці частини силуету найточніше характеризують його як людський. У випадках, коли голова з плечима перекрита іншим предметом, наприклад парасолькою, необхідно шукати інші ідентифікуючі людини частини, в рамках диплома ці випадки не розглядаються.

Пошук силуету голови і плечей проводився для кожної зони всередині її зовнішнього прямокутника (рисунок 3.2.4.). Зроблено це з метою захоплення фону, контурів і частин об'єкта, які могли бути вирізані з області під час бінарної порогової фільтрації. Пошук здійснюється за допомогою методу Віюли-Джонса, який був заздалегідь навчений на наборі позитивних і негативних прикладів шуканого об'єкта. Приклади були отримані з кадрів відеозапису, записаної для розробки (рисунок 3.2.5. і 3.2.6.).



Рисунок 3.2.5. – Позитивний  
приклад для навчання



Рисунок 3.2.6. – Негативний  
приклад для навчання

В ході експериментів було встановлено необхідну кількість позитивних і негативних прикладів для навчання і успішного розпізнавання, а також достатня кількість стадій навчаємого каскаду. Використовувалося 500 позитивних прикладів 1000 негативних і 16 стадій каскаду. Цієї кількості достатньо для безпомилкового визначення 19/20 людей в відеопотоці із заданою камери.

### 3.2.3. Етап обчислення траєкторії руху людини

Побудова траєкторії руху людини здійснюється за допомогою передбачення його переміщення. Для цього використовується фільтр Кальмана, який дає хороші результати у всіх умовах, які спостерігаються на ролику з відеокамери. Зниклий на кілька кадрів людина (не віднайдений) може бути виявлений після, а його положення додано в траєкторію руху. Положенням людини вважається центр мас його голови і плечей, знайдених раніше методом Хаара. Між положеннями людини в наборі кадрів проводяться прямі лінії, що представляє переміщення людини. Об'єкти, для яких не було знайдено збігів вважаються вийшли з кадру, розрахунок траєкторії для них закінчується.

### 3.2.4. Етап визначення перетину віртуальної лінії об'єктом

Віртуальні лінії служать для визначення місць входів і виходів в спостережувану зону. При перетині її траєкторією людини, проводиться підрахунок на вхід або вихід в залежності від напрямку руху людини. Дані про кількість тих які увійшли і вийшли для кожної лінії зберігаються в файлі.

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

### 3.3. Результати роботи системи

Для визначення працездатності системи були проведені випробування на онлайн відео потоці з камери спостереження. Протягом години було підраховано 48 осіб і візуально зафіксовано 5 промахів. Три промахи пов'язані з повним захаращення однієї людини іншою, внаслідок чого вони були зараховані як один. Для ліквідації таких промахів слід встановити дві камери під різними ракурсами, або перевстановити камеру, для зйомки зверху. Так само спостерігався промах, коли траєкторія людини пропадала, в момент переходу віртуальної лінії. Для вирішення цього недоліку, слід удосконалити систему ведення траєкторії руху людини, додавши ідентифікуючу ознаку кожній людині, наприклад, розрахувати особливі точки.

Поточний стан системи дозволяє використовувати її для повноцінного підрахунку. Надалі планується підвищити точність визначення людей в кадрі і розвинути клієнтський інтерфейс для зручного користування. Так само можливий розвиток в сторону визначення особистості людини і стеження за переміщенням за допомогою системи камер.

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4. Економічні Розрахунки

При виконанні технічно складного проекту принципово важливим є питання економічного обґрунтування розробки проекту. Етапами ЕР є визначення трудомісткості виконання робіт проекту і розрахунок собівартості розробки проекту.

### 4.1 Концепція

На даний момент багато компаній працюють над вирішенням завдань комп'ютерного зору, зокрема вирішують задачу розпізнавання об'єкта в відеопотоці і з успіхом справляються з нею, при цьому готове рішення у вільному доступі відсутнє, до того ж ця задача не має універсального рішення, в кожному окремому випадку необхідно враховувати специфіку спостережуваного камерою місця. Для вирішення поставленого завдання буде використана відкрита бібліотека OpenCV, і створений продукт, який буде знаходити рухомі об'єкти в кадрі, виділяти серед них людей, стежити за їх пересуванням і вести підрахунок людей які пройшли.

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## 4.2 Визначення трудомісткості розробки системи

В основі визначення собівартості розробки системи лежить перелік виконаних робіт та їх трудомісткість, які наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Трудомісткість робіт по розробці системи

№	Найменування	Трудомісткість (люд./дні)	
		Керівник	Виконавець
1	Розробка технічного завдання	4	4
2	Вивчення літератури	-	15
3	Обробка та аналіз інформації	-	10
4	Розробка плану виконання завдання	2	4
5	Розробка алгоритмів розв'язання задачі і вибір середовища програмування	-	10
6	Написання програми	-	15
7	Налагодження і тестування програми	-	15
8	Оформлення документації	3	10
9	Здача проекту	1	1
	<b>Отже</b>	<b>10</b>	<b>84</b>

На основі трудомісткості виконання робіт по розробці системи розраховуються витрати на оплату праці її виконавців.

### 4.3 Розрахунок собівартості розробки системи

Калькуляція собівартості розробки системи здійснюється за такими статтями:

- матеріали (з урахуванням транспортно-заготівельних витрат);
- Амортизація основних засобів;
- основна заробітна плата;
- додаткова заробітна плата;
- відрахування на соціальні потреби;
- накладні витрати.

Калькуляція витрат за статтею «Матеріали» приведена в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Калькуляція витрат за статтею «Матеріали»

№	Матеріали	Одиниця вимірювання	Кількість	Ціна, грн.	Сумма, грн.
1	Папір для оргтехніки	Пачка	1	80	80
2	Ручка	шт.	1	15	15
<b>Отже:</b>					<b>95</b>
Транспортно-заготівельні витрати 10%					10
<b>Всього:</b>					<b>105</b>

#### 4.4 Калькуляція за статтею «Амортизація основних засобів»

Витрати на амортизацію ПК визначається за нормами амортизації лінійним методом. Амортизація розраховується за формулою

$$A_p = \frac{Ц_{п.н.} * H_a}{100}$$

где  $A_p$  – амортизаційні відрахування за рік,

$Ц_{п.н.}$  – первісна вартість основного засобу,

$H_{ам}$  – норма амортизації, розраховується за формулою

$$H_a = \frac{1}{T_{к.в.}} * 100$$

де  $T_{к.в.}$  - строк корисного використання.

Величина амортизаційних відрахувань по і-му основному засобу, що використовується студентом при роботі над проектом, визначається за формулою

$$A_{i \text{ проект}} = \frac{A_i * T_{i \text{ проект}}}{365}$$

де  $A_{i \text{ проект}}$  - амортизаційні відрахування по і основному засобу, що використовується при розробці системи.

$A_i$  - амортизаційні відрахування за рік по і основному засобу.

$T_{i \text{ проект}}$  - час, протягом якого використовується і основний засіб для розробки системи.

Амортизується майно представлено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Амортизуєме майно

Обладнання	Балансова вартість	Строк корисного використання
Ноутбук Asus X560UD-EJ443	19 000 грн.	3 роки
ІР відеокамера Tecsar Beta IPW-4M60F-poe	4 000 грн.	3 роки

Норма амортизації для ноутбука

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

$$H_{a,1} = \frac{1}{3} * 100 = 33,33\%$$

Норма амортизації для камери

$$H_{a,2} = \frac{1}{3} * 100 = 33,33\%$$

Величина амортизаційних відрахувань по основному засобу (ноутбука) за рік

$$A_{1p} = \frac{19\,000 * 33,33}{100} = 6\,334$$

Величина амортизаційних відрахувань по основному засобу (камера) за рік

$$A_{2p} = \frac{4\,000 * 33,33}{100} = 1\,333$$

Величина амортизаційних відрахувань по основному засобу (комп'ютера) за період розробки проекту

$$A_{1 \text{ проект}} = \frac{6\,333 * 84}{365} = 1\,458 \text{ грн.}$$

Величина амортизаційних відрахувань по основному засобу (камера) за період розробки проекту

$$A_{2 \text{ проект}} = \frac{1\,333 * 50}{365} = 183 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування за основними засобами представлені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Амортизаційні відрахування за основними засобами

Обладнання	Амортизаційні відрахування за рік, грн.	Амортизаційні відрахування за період, грн.
Ноутбук Asus X560UD-EJ443	6 334	1 458
IP відеокамера Tecsar Beta IPW-4M60F-poe	1 333	183
<b>Загалом</b>	<b>7 667</b>	<b>1641</b>

Основна та додаткова заробітна плата безпосередніх виконавців розробки розраховується на підставі наступних даних:

- трудомісткість виконання робіт керівника  $T_{\text{кер.}} = 10$  чол./днів і виконавця  $T_{\text{вик.}} = 84$  чол./день;
- денна ставка керівника:  $C_{\text{кер.}} = 570$  грн .;
- денна ставка виконавця:  $C_{\text{вик.}} = 380$  грн .;
- відсоток додаткової заробітної плати:  $\alpha_{\text{д}} = 12\%$
- відсоток відрахувань на соціальні потреби:  $\alpha_{\text{сн}} = 30,2\%$
- відсоток накладних витрат:  $\alpha_{\text{нр}} = 40\%$

Основна заробітна плата виконавців  $Z_{\text{осн.з/п}}$  розраховується за формулою

$$Z_{\text{осн з/п}} = C_{\text{кер.}} * T_{\text{кер.}} + C_{\text{вик.}} * T_{\text{вик.}}$$

$$Z_{\text{осн з/п}} = 10 * 570 + 84 * 380 = 37\,620 \text{ грн.}$$

До статті «Додаткова заробітна плата» відносяться виплати, передбачені законодавством за неопрацьований час, оплата відпусток, пільгових годин і ін.

Додаткова заробітна плата розраховується за формулою

$$Z_{\text{осн з/п}} = \frac{Z_{\text{осн з/п}} * \alpha_{\text{д}}}{100}$$

$$Z_{\text{осн з/п}} = 37620 * 0,12 = 4\,514 \text{ грн.}$$

До статті «Відрахування на соціальні потреби» відносяться:

- відрахування на соціальне страхування (ФСС);
- відрахування на пенсійне забезпечення (ПФР);
- відрахування на медичне страхування (ФОМС);
- відрахування до фонду соціального страхування від нещасних випадків і професійних захворювань (ФСС).

Відрахування на соціальні потреби розраховуються за формулою

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

$$З_{\text{соц.}} = \frac{(З_{\text{д. з/п}} + З_{\text{осн.з/п}}) * \alpha_{\text{сн}}}{100}$$

$$З_{\text{соц.}} = (37620 + 4514) * 0,302 = 12\,724 \text{ грн.}$$

Витрат на службові відрядження та інших прямих витрат немає.

До статті «Накладні витрати» відносяться витрати на управління і господарське обслуговування. Накладні витрати розраховуються за формулою

$$З_{\text{н.в.}} = \frac{(З_{\text{д. з/п}} + З_{\text{осн.з/п}}) * \alpha_{\text{н.в.}}}{100}$$

$$З_{\text{н.в.}} = (37620 + 4514) * 0,4 = 16\,853 \text{ грн.}$$

На підставі отриманих даних за окремими статтями витрат складається калькуляція собівартості розробки в цілому, таблиця 4.5.

Таблиця 4.5 - Калькуляція собівартості розробки

№	Стаття витрат	Сумма, грн.
1	Матеріали	105
2	Амортизація основних засобів	1641
4	Основна заробітна плата	37 620
5	Додаткова заробітна плата	4 514
6	Відрахування на соціальні потреби	12 724
7	Накладні витрати	16 853
	<b>Загальна собівартість</b>	<b>73 457</b>

#### 4.5 Висновок

Загальна сумарна собівартість проектних робіт складає 73 457 грн. Основною статтею проектних витрат є заробітна плата 37 620 грн. і накладні витрати 16 853 грн.

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВОК

В результаті роботи для виділення рухомих об'єктів були використані і вивчені алгоритми віднімання фону, метод виділення рухомих об'єктів за допомогою моделі сітківки ока. Серед об'єктів, що рухаються, проведений пошук голови і плечей людини методом Віолли- Джонса. При цьому було отримано досвід в навчанні каскадів, які використовуються в методі Віолі-Джонса. Для визначення напрямку руху і супроводу людини використаний фільтр Калмана, який пророкує напрямок руху об'єкта.

Система випробувана на обробці відеопотоку з камери, встановленої в приміщенні. Була отримана статистика за годину роботи програми. Порівняння результатів програми з реальними виявило промахи в роботі програми і дозволило проаналізувати випадки, необроблювані системою. Для кожного промаху визначено необхідну зміну системи, для його усунення. Промахи і способи усунення зведені в таблицю 5.

Таблиця 5 - Промахи і способи усунення

Промахи	Способи усунення
Не виявлена людина, заслонений іншим	Установка камери вертикально, або установка додаткової камери
Розрив траєкторії руху людини	Необхідно модернізувати алгоритм стеження, додавши кожному об'єкту ідентифікуючі особливі точки.
Метод Хаара помилково прийняв за людини сторонній предмет	Необхідно збільшити вибірку, навчальну каскад Хаара.

Розвиток системи в подальшому передбачає усунення промахів і додавання здатності розпізнавати кожну особистість і стежити в системі об'єднаних камер.



## Список використаних джерел

1. Зуева Е.Ю. «Компьютерное зрение в ИПМ им. В.М. Келдыша РАН – история развития» - [keldysh/papers/2009/art04/Zueva\\_09.htm](http://keldysh/papers/2009/art04/Zueva_09.htm)
2. Компьютерное (машинное) зрение (computer vision) es-prof/m\_mvizion.phpКомпьютерное (машинное) зрение (computer vision) es-prof/m\_mvizion.php
3. Визильтер Ю. В., Желтов С. Ю., Князь В. А., Ходарев А. Н., Моржин А. В. Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEW IMAQ Vision. – М.: ДМК Пресс, 2007.
4. Кручинин А. Модель для тестирования стереозрения [Электронный ресурс] / А. Кручинин. – Режим доступа: <http://blog.vidikon.com/?p=191>. – 03.06.2014.
5. Шапиро Л. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Дж. Стокман – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с
6. Short J. 3D Point Cloud Generation from Rigid and Flexible Stereo Vision Systems [Electronic resource] / J. Shor. – Attached to: [http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-12232009222118/unrestricted/Short\\_NJ\\_T\\_2009.pdf](http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-12232009222118/unrestricted/Short_NJ_T_2009.pdf). – 03.06.2014
7. Петров М.Н. Компьютерная графика: Учеб. пособие / М.Н. Петров, В.П. Молочков. – СПб.: Питер, 2006. – 544 с.
8. Gary Bradski, Adrian Kaehler Learning OpenCV – NY: O'Reilly Media, 2013. – 575 p
9. Мосин В.Г. Математические основы компьютерной графики: Монография / В.Г. Мосин. – Самара: СГАСУ, 2005. – 227 с
10. Пахомов С. Стереоскопическое компьютерное «зрение» [Электронный ресурс] / С. Пахомов – Режим доступа: <http://compress.ru/article.aspx?id=9529> – 03.06.2014.
11. Лысенко О. Машинное зрение от SICK/IVP // Компоненты и технологии. 2007. № 1

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Бобровский С. «Когда машины прозреют» -  
pcweek/themes/detail.php?ID=66663&sphrase\_id=12198
13. Морзеев Ю. "Зачем компьютеру зрение" -  
compress/article.aspx?id=10656&iid=434
14. Талан А. Перспективы машинного зрения, 2007 -  
mirf/Articles/art2170.htm
15. Hom-bot square turbo. // URL: <http://www.lg.com/fr/aspirateurs/lg-VR9647PS-aspirateur-robot-homeguard>.
16. OMOTE. // URL: <http://projection-mapping.org/omote/>
17. FarmBot. // URL: <http://www.ibexautomation.co.uk/>
18. Da Vinci Xi. // URL: <https://intuitivesurgical.com/products/da-vinci-xi/>
19. A proposal of biologically inspired hierarchical approach to object recognition - // URL: [http://jmit.us.edu.pl/cms/jmitjrn/22/22\\_Kozik\\_3.pdf](http://jmit.us.edu.pl/cms/jmitjrn/22/22_Kozik_3.pdf)
20. Canny. A Computational Approach to Edge Detection, IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 8(6), pp. 679-698 (1986)
21. Петръ Радковскій. Микроскопъ и его исторія // «Наука и Жизнь» : журнал. — 1893. — № 1.
22. В. Г. Сурдин, Н. Л. Васильева. Телескоп Галилея. // URL: <http://www.astronet.ru/db/msg/1237382> (дата обращения 06.05.2017).
23. AstroNautica. // URL: <http://www.astronautica.ru/nauka-astronomiya/izvestnye-astronomy/503.html>
24. Острота зрения. // URL: <http://medic.studio/osnovyi-ofthalmologii/ostrota-zreniya-65121.html>
25. AstroNautica. // URL: <http://astronautica.ru/nauka-astronomiya/izvestnye-astronomy/502.html>
26. Энциклопедия. // URL: <http://ency.info/earth/etapi-astronomii/17-otkrytiya-nyutona-v-astronomii>
27. Лучи смерти. Олег Фейгин. М.: АНФ Москва, 2013.
28. Особенности предвоенного развития средств радиобнаружения // URL: [http://hist.rloc.ru/startup-radars/6\\_1.htm](http://hist.rloc.ru/startup-radars/6_1.htm)
29. Стреляющие в ночи: три поколения приборов ночного видения // URL: <http://svpressa.ru/post/article/96008/>

30. Первые советские приборы ночного видения // URL:  
<https://topwar.ru/14990-pervye-sovetskie-pribory-nochnogo-videniya.html>
31. Mr. A. A. Campbell Swinton, F.R.S // URL:  
<http://www.nature.com/nature/journal/v125/n3149/abs/125356a0.html>
32. 2009 Nobel Prize in Physics: The Charge Coupled Device (CCD) // URL:  
<https://www.bell-labs.com/our-people/recognition/2009-charge-coupled-device-ccd/>
33. Приборы с зарядовой связью // URL:  
<http://www.bnti.ru/showart.asp?aid=352&lvl=19.01.01>.
34. Машинное зрение // URL: <http://hczelenograd.ru/vystavki/mashinnoe-zrenie/>

					БР.171.061.006 ПЗ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		